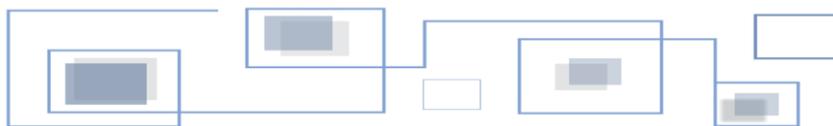




CAMBIO CLIMÁTICO Y DESARROLLO DE LAS CIUDADES DE OAXACA

MARCELO ANDRÉS LÓPEZ VILLANUEVA
(COORDINADOR)

ANDRÉS ENRIQUE MIGUEL VELASCO
GLORIA GUADALUPE LAMBARRIA GOPAR
KARINA AIDEE MARTÍNEZ GARCÍA



FACULTAD DE ARQUITECTURA | UNIVERSIDAD AUTÓNOMA "BENITO JUÁREZ" DE OAXACA
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE OAXACA | TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

CAMBIO CLIMÁTICO Y DESARROLLO DE LAS CIUDADES DE OAXACA

MARCELO ANDRÉS LÓPEZ VILLANUEVA
(COORDINADOR)

**ANDRÉS ENRIQUE MIGUEL VELASCO, GLORIA GUADALUPE LAMBARRIA GOPAR Y
KARINA AIDEE MARTÍNEZ GARCÍA**



FACULTAD DE ARQUITECTURA | **UNIVERSIDAD AUTÓNOMA "BENITO JUÁREZ" DE OAXACA**
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE OAXACA | **TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO**

MÉXICO, 2018

CAMBIO CLIMÁTICO Y DESARROLLO DE LAS CIUDADES DE OAXACA

Primera edición

No está permitida la reproducción total o parcial de este libro, ni su tratamiento informático, ni la transmisión de ninguna forma o por cualquier medio, ya sea electrónico, mecánico, por fotocopia, por registro u otros métodos, sin el permiso previo y por escrito de los titulares del Copyright.

DERECHOS RESERVADOS. Copyright © 2018, por **Marcelo Andrés López Villanueva** (coordinador) 03–2018–032314331900–01. Comité Editorial: Andrés Enrique Miguel Velasco, Gloria Guadalupe Lambarria Gopar y Karina Aidee Martínez García.

Libro sometido a dictamen por pares académicos externos de instituciones educativas universitarias.

Impreso en Oaxaca, México, 2018

ÍNDICE

ÍNDICE.....	iii
Índice de Figuras	viii
Índice de Tablas.....	ix
Índice de Ecuaciones.....	x
ACRÓNIMOS	xii
PREFACIO	xviii
INTRODUCCIÓN.....	xx
I. EL CAMBIO CLIMÁTICO, UN COMPROMISO SOCIAL.....	1
1.1. Logros y Compromisos Sociales frente al Cambio Climático	1
1.1.1. Visión histórica.....	1
1.1.2. Conferencia sobre el Ambiente Humano	3
1.1.3. El Informe Brundtland o Nuestro Futuro Común	3
1.1.4. La Cumbre de la Tierra en Río de Janeiro	4
1.1.5. Agenda 21	4
1.1.6. La Cumbre de Johannesburgo	5
1.1.7. El Protocolo de Kyoto	5
1.1.8. Acuerdo de París, COP21	6
1.1.9. Comunicación Nacional ante la CMNUCC	6
1.1.10. La Investigación del cambio climático en Oaxaca, México	7
1.2. El Cambio Climático como un Problema de las Ciudades	8
1.2.1. Las Ciudades como Objeto de investigación del Cambio Climático	8
1.2.2. El cambio climático como problema en el desarrollo regional	12
1.2.2.1. Definición de cambio climático	12
1.2.2.2. Importancia científica actual del cambio climático	12
1.2.2.3. Referencias de cambio climático.....	14
1.2.2.4. Evidencias de cambio climático en Oaxaca, México	14
1.2.2.5. Impacto del cambio climático en el desarrollo regional	21
1.3. Importancia Teórico–Práctica del estudio del Cambio Climático	23
1.4. Delimitación Teórica–Metodológica del Análisis del Cambio Climático	26
1.5. La Vinculación del Cambio Climático y el Desarrollo Sustentable como esencia de la Problemática del Desarrollo de Regiones.....	31
II. UNA APROXIMACIÓN A LA CIENCIA DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LAS CIUDADES	36

2.1.	LA CIENCIA DEL CAMBIO CLIMÁTICO.....	36
2.1.1.	Teorías sobre cambio climático.....	38
2.1.1.1.	Actividad solar	38
2.1.1.2.	Cuerpos celestes.....	39
2.1.1.3.	Órbita de la Tierra.....	40
2.1.1.4.	Erupción de volcanes	40
2.1.1.5.	Movimiento de los Continentes	41
2.1.1.6.	Teoría de Milankovitch	41
2.1.1.7.	Variación climática temporal a escala de ciclos decenales y anuales	43
2.1.2.	Temperaturas extremas	43
2.1.3.	Percepción global del cambio climático	44
2.2.	El Efecto Invernadero	46
2.2.1.	Gases de Efecto Invernadero (GEI)	47
2.2.2.	El dióxido de carbono y su participación en el cambio climático	48
2.2.3.	Los GEI de origen antropogénico.....	49
2.3.	Pruebas sobre Cambio Climático.....	50
2.3.1.	Propuesta metodológica del IPCC referida al cambio climático	52
2.4.	Vulnerabilidad y Adaptación ante el Cambio Climático.....	52
2.4.1.	Cambio climático futuro	53
2.4.2.	Vulnerabilidad y adaptación actuales y futuras	53
2.4.3.	Acciones ante el cambio climático.....	56
2.5.	Modelo Ambiental Presión – Estado – Respuesta.....	58
2.6.	DESARROLLO REGIONAL SUSTENTABLE	60
2.6.1.	Paradigmas de la ciencia regional.....	61
2.6.1.1.	Paradigma de la localización (L ^o).....	61
2.6.1.2.	Paradigma del desarrollo.....	63
2.7.	DESARROLLO SUSTENTABLE Y CAMBIO CLIMÁTICO	68
2.8.	Impactos del Cambio Climático en el Desarrollo Sustentable	69
2.8.1.	Impacto del cambio climático en los ecosistemas.....	69
2.8.2.	Migración y cambio climático.....	70
2.8.3.	El cambio climático y la salud humana	72
2.8.4.	Recursos hídricos y cambio climático	73
2.8.5.	El cambio climático y la biodiversidad.....	75
2.8.6.	Conflictos sociales y el cambio climático en México	75
2.8.7.	Costos económicos del cambio climático.....	76

2.8.8.	Impactos urbanos del cambio climático	77
2.9.	EL DESARROLLO URBANO SUSTENTABLE, LAS CIUDADES Y EL CAMBIO CLIMÁTICO	81
2.10.	Desarrollo Urbano Sustentable en situación de Cambio Climático.....	81
2.11.	Gestión Ambiental	82
2.11.1.	La Serie ISO 140000 en la gestión ambiental.....	83
2.11.2.	EMAS en la gestión ambiental	84
2.11.3.	Normalización para la eficiencia energética en México	85
2.12.	Planeación Urbana y Cambio Climático	87
2.13.	La Vulnerabilidad de las Ciudades	89
2.14.	Ciudades Resilientes al Cambio Climático.....	91
2.15.	Modelo Prismático de la Sustentabilidad	92
2.16.	Modelo para el Análisis del Cambio Climático y el Desarrollo	95
III.	EL CONTEXTO DE LAS CIUDADES DE OAXACA, MÉXICO	99
3.1.	La Zona Metropolitana de Oaxaca	101
3.2.	La Zona Metropolitana de Tehuantepec.....	102
3.3.	Ciudades de 15 a 100 mil Habitantes en Oaxaca	102
3.4.	Origen en la Fundación de las Ciudades en Oaxaca	103
3.4.1.	Antecedentes en la fundación de la Zona Metropolitana de Oaxaca	103
3.4.2.	Antecedentes en la fundación de la Zona Metropolitana de Tehuantepec	110
3.4.3.	Antecedentes ciudades de más de 15 000 habitantes	111
3.5.	Ambiente Natural	114
3.5.1.	Flora y fauna	114
3.5.2.	Tipo de suelo.....	115
3.5.3.	Clima en la ZMO	116
3.6.	Demografía en las Ciudades de Oaxaca.....	118
3.6.1.	Población.....	118
3.6.2.	Tasas de crecimiento poblacional.....	118
3.6.3.	Distribución poblacional de las ciudades en Oaxaca.....	119
3.7.	Datos Económicos en las Ciudades de Oaxaca	121
3.7.1.	Producto Interno Bruto (PIB).....	121
3.7.2.	Ingreso	122
3.8.	Datos sobre el Desarrollo de las Ciudades	123
3.8.1.	Índice de marginación	123
3.8.2.	Índice de desarrollo humano.....	124
3.8.3.	Salud	125

3.8.4. Educación.....	126
3.8.5. Automóviles de uso particular	127
3.8.6. Volumen de residuos sólidos urbanos recolectados	128
3.8.7. Viviendas particulares	129
3.8.8. Denuncias en materia ambiental según principal materia regulada	130
3.9. Resumen del Contexto de las Ciudades Oaxaqueñas	131
IV. LA MANIFESTACIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LAS CIUDADES: EL CASO DE OAXACA.....	133
4.1. Desarrollo de las Ciudades en Oaxaca	133
4.1.1. Servicios en vivienda	133
4.1.2. Servicio de autotransporte	135
4.1.3. Consumo de agua para vivienda y urbanización	137
4.1. Contribución de las Ciudades de Oaxaca al Cambio Climático	138
4.2.1. Emisión de gases que contribuyen al efecto invernadero	138
4.1.2. Cambio de uso del suelo	145
4.2. Estado de Cambio Climático en Oaxaca.....	149
4.3.1. Precipitación pluvial	149
4.2.2. Evaporización pluvial	153
4.2.2. Temperatura	158
4.2.3. Oscilación térmica	162
4.3. El Comportamiento del Cambio Climático en el Proceso de Desarrollo de las Ciudades de Oaxaca	163
V. CÓMO AFRONTAR EL CAMBIO CLIMÁTICO EN LAS CIUDADES DE OAXACA, MÉXICO	177
5.1. Conclusiones	177
5.2. Recomendaciones	181
GLOSARIO DE TÉRMINOS.....	184
ANEXOS.....	190
Anexo A Tesis de Posgrado del ITO sobre Desarrollo Sustentable y afines	190
Anexo B Procedimiento Metodológico del Análisis del Cambio Climático Territorial	192
B.1. Modelo Teórico para el Análisis del Cambio Climático	192
B.2. Variables, Indicadores e Índices	195
B.3. Índice de Desarrollo Humano.....	195
B.4. Índice del Desarrollo Urbano Sustentable.....	196
B.5. Índice Social del Desarrollo Urbano	197
B.5.1. Índice del crecimiento de la población.....	197
B.5.2. Índice de educación.....	198

B.5.3. Índice de salud.....	198
B.5.4. Índice del impacto social de origen hidrometeorológico.....	199
B.6. Índice Económico del Desarrollo Urbano.....	200
B.6.1. Índice de ingreso.....	200
B.6.2. Índice del Producto Interno Bruto per Cápita.....	201
B.6.3. Índice del impacto económico de origen hidrometeorológico.....	201
B.7. Índice Ambiental del Desarrollo Urbano.....	202
B.7.1. Índice de extracción de agua subterránea y superficial al día.....	202
B.7.2. Índice del consumo de agua para vivienda y urbanización.....	203
B.7.3. Índice de densidad poblacional.....	204
B.7.4. Índice de disposición de residuos sólidos urbanos.....	204
B.7.5. Índice del impacto ambiental de origen hidrometeorológico.....	205
B.8. Índice de Cambio Climático.....	206
B.9. Índice de la Presión Ambiental Urbana al Cambio Climático.....	206
B.9.1. Índice de la emisión de bióxido de carbono vehicular.....	207
B.9.2. Índice de la emisión de bióxido de carbono doméstico.....	208
B.9.3. Índice de la emisión de gas metano por desechos sólidos urbanos.....	209
B.9.4. Índice de cambio de uso del suelo.....	213
B.10. Índice de Estado del Cambio Climático.....	214
B.10.1. Índice de precipitación pluvial.....	214
B.10.2. Índice de evaporización pluvial.....	215
B.10.3. Índice de temperatura: máxima, mínima y promedio.....	216
B.10.4. Índice de oscilación térmica.....	217
B.11. Índice de Respuesta Urbana al Cambio Climático.....	217
B.11.1. Índice de demandas en materia ambiental.....	218
B.11.2. Índice de disposición de residuos sólidos urbanos en rellenos sanitarios.....	218
B.11.3. Índice de la calidad de la temperatura interior.....	219
B.12. Instrumentos para la recolección de la información.....	219
B.13. Instrumentos de Análisis y Pruebas de Hipótesis.....	220
B.13.1. Análisis de correlación.....	221
B.13.1.1. <i>Correlación gráfica</i>	223
B.13.1.2. <i>Correlación analítica</i>	224
B.13.1.3. <i>Análisis de regresión</i>	226
B.13.2. Contrastación de hipótesis de investigación.....	229
BIBLIOGRAFÍA.....	238

Índice de Figuras

Figura 1 Zona Metropolitana de Oaxaca: Población, 1990 – 2010.....	10
Figura 2 Zona Metropolitana de Oaxaca: Pirámide de Población en 2010	11
Figura 3 Temperatura Media Anual en el Estado de Oaxaca: 1971–2011	15
Figura 4 Temperatura Media Anual en Zona Metropolitana de Oaxaca: 1930–2010.....	16
Figura 5 Precipitación Anual en Zona Metropolitana Oaxaca: 1930-2010	17
Figura 6 Evaporización Anual en Zona Metropolitana Oaxaca: 1930-2010	18
Figura 7 Ciudades en Oaxaca: Ubicación Geográfica	27
Figura 8 Zona Metropolitana de Oaxaca y su Integración Municipal	28
Figura 9 Zona Metropolitana de Tehuantepec: Integración Municipal	29
Figura 10 Problemática en la vinculación del Cambio Climático y el Desarrollo Urbano Sustentable	34
Figura 11 Pertinencia del Análisis	34
Figura 12 Efecto Invernadero	47
Figura 13 El Riesgo Climático como función de la Amenaza y la Vulnerabilidad	54
Figura 14 Modelo Ambiental: Presión – Estado – Respuesta.....	59
Figura 15 Contradicciones Principales del Desarrollo Sustentable	93
Figura 16 Prisma de la Sustentabilidad y sus Principales Valores	94
Figura 17 Desarrollo Sustentable: Equilibrio de Necesidades Sociales, Económicas y Ambientales	95
Figura 18 Modelo Teórico de la Investigación.....	97
Figura 19 Ciudades en Oaxaca (CdO).....	100
Figura 20 La Zona Metropolitana de Oaxaca: Conformación Municipal	101
Figura 21 La Zona Metropolitana de Tehuantepec	102
Figura 22 Ciudades en Oaxaca: Población en 2010.....	119
Figura 23 Ciudades en Oaxaca: Crecimiento Poblacional Anual, 2000 – 2010	119
Figura 24 Ciudades en Oaxaca: Pirámides de Población 2010.....	120
Figura 25 Ciudades en Oaxaca: PIB per cápita 2010	121
Figura 26 Crecimiento Anual del PIB per cápita: 2000 – 2010	121
Figura 27 Ciudades en Oaxaca: Índice de Ingreso 2010.....	122
Figura 28 Crecimiento Anual del Índice de Ingreso: 2000 – 2010	122
Figura 29 Ciudades en Oaxaca: Índice de Desarrollo Humano 2010.....	124
Figura 30 Crecimiento Anual del IDH de las Ciudades en Oaxaca: 2000 – 2010	124
Figura 31 Ciudades en Oaxaca: Índice de Salud 2010.....	125
Figura 32 Crecimiento del Índice de Salud de las Ciudades en Oaxaca: 2000 – 2010.....	125
Figura 33 Ciudades en Oaxaca: Índice de Educación 2010	126
Figura 34 Crecimiento Anual del Índice de Educación de las Ciudades en Oaxaca: 2000 – 2010.....	126
Figura 35 Ciudades en Oaxaca: Vehículos Particulares y Tasa de Motorización, 2011	127
Figura 36 Ciudades en Oaxaca: Crecimiento Anual de Vehículos Particulares, 2004 – 2011	127
Figura 37 Ciudades en Oaxaca: Volumen de Residuos Sólidos Urbanos Recolectados, 2011.....	128
Figura 38 Crecimiento Anual de Residuos Sólidos Urbanos: 2004 – 2011	128
Figura 39 Ciudades en Oaxaca: Viviendas Particulares Habitadas en 2010	129
Figura 40 Ciudades en Oaxaca: Crecimiento del Número de Viviendas Particulares, 2000 – 2010.....	129
Figura 41 Ciudades en Oaxaca: Demandas en Materia Ambiental en 2011	130
Figura 42 Ciudades en Oaxaca: Crecimiento en el Número de Demandas Ambientales, 2000 – 2011	130
Figura 43 Ciudades de Oaxaca: Servicios en Viviendas	134
Figura 44 Servicios en Viviendas, según tamaño de Ciudad.....	134

Figura 45 Autotransporte de las Ciudades en Oaxaca	135
Figura 46 Autotransporte por tipo de Ciudad	136
Figura 47 Tasa de Motorización y PIB per cápita en 2010	137
Figura 48 Cantidad de Agua Extraída y Dotación de Agua para Vivienda y Urbanización	138
Figura 49 Ciudades: Emisión de Bióxido de Carbono de Vehículos Particulares	139
Figura 50 Emisión Vehicular de Bióxido de Carbono: 2000 – 2015.....	140
Figura 51 Ciudades: Emisión de Bióxido de Carbono de Viviendas Particulares Habitadas	141
Figura 52 Emisión Doméstica de CO ₂ : 2000 – 2015.....	142
Figura 53 Ciudades: Emisión de Gas Metano como producto de Residuos Sólidos Urbanos	143
Figura 54 Emisión de CH ₄ de Residuos Sólidos Urbanos: 2000 – 2015	144
Figura 55 Distribución de CO ₂ eq vehicular, doméstico y de residuos urbanos: 2000 – 2015	144
Figura 56 Ciudades en Oaxaca: Crecimiento Físico de la Mancha Urbana	147
Figura 57 Crecimiento de Manchas Urbanas en Ciudades: 2000 – 2010	147
Figura 58 Relación entre Población y Superficie de la Mancha Urbana.....	148
Figura 59 Ciudades en Oaxaca: Precipitación Pluvial Histórica	153
Figura 60 Ciudades en Oaxaca: Evaporización Histórica	157
Figura 61 Ciudades en Oaxaca: Temperatura Histórica	161
Figura 62 Ciudades en Oaxaca con Clima muy Cálido: Oscilación Térmica Anual	162
Figura 63 Ciudades en Oaxaca con Clima Cálido: Oscilación Térmica Anual	163
Figura 64 Ciudades en Oaxaca con Clima Semicálido y Templado: Oscilación Térmica Anual	163
Figura 65 Índice del Desarrollo Urbano Sustentable e Índices que lo integran	164
Figura 66 Índice del Desarrollo Urbano Sustentable: Estratos Poblacionales.....	165
Figura 67 Índice de Cambio Climático e Índices que lo integran	166
Figura 68 Índice de Cambio Climático: Estratificación Poblacional	167
Figura 69 Índices de Cambio Climático y Desarrollo Urbano Sustentable	167
Figura 70 Regla de Decisión Contraste Negativo t Studet.....	169
Figura 71 Modelos de Relación de Índices: Desarrollo Urbano Sustentable y Cambio Climático	171
Figura 72 Regla de Decisión Contraste Positivo t Studet	172
Figura 73 Regla de Decisión Contraste Positivo χ^2	174
Figura 74 Modelo de Análisis: Variables, Indicadores e Índices	194
Figura 75 Procedimiento para la Prueba de Hipótesis.....	221
Figura 76 Ejemplos de posibles Relaciones entre dos Variables, según el Diagrama de Dispersión.....	223
Figura 77 Fuerza y Dirección del Coeficiente de Correlación Lineal de Pearson.....	225
Figura 78 Ejemplos de Posibles Ecuaciones no Lineales de Regresión para una Muestra de Datos	228

Índice de Tablas

Tabla 1 Ciudades de Oaxaca: Población y Tasas de Crecimiento Anual, 1990 – 2010.....	9
Tabla 2 Temperatura Mensual Media en la Zona Metropolitana de Oaxaca: 1930–2011	17
Tabla 3 Principales Impactos de Origen Hidrometeorológico en Oaxaca, en las Últimas Décadas	19
Tabla 4 Programas de Gobierno Federal que incluyen adaptación al Cambio Climático.....	26
Tabla 5 Ciudades en Oaxaca, México: Ubicación Geográfica y Categoría Política	28
Tabla 6 Temas de Investigación en Materia de Cambio Climático en México	57

Tabla 7 Clasificación de la Disponibilidad Natural Media de Agua	74
Tabla 8 Ejemplos de Adaptación Planificada, por Sectores	80
Tabla 9 Otras Normas Oficiales Mexicanas en Eficiencia Energética	87
Tabla 10 Ciudades en Oaxaca: Ubicación Regional y Superficie Territorial	103
Tabla 11 Sistemas Meteorológicos: Mixteca y Valles de Oaxaca.....	116
Tabla 12 Ciudades en Oaxaca: Grado de Marginación 2010	123
Tabla 13 Ciudades en Oaxaca: Tipos de Climas	149
Tabla 14 Valores en la Prueba t Student para la Hipótesis de Investigación A.....	170
Tabla 15 Valores en la Prueba t Student para la Hipótesis de Investigación B.....	173
Tabla 16 Valores en la Prueba ji cuadrado para la Hipótesis de Investigación C	175
Tabla 17 Esquemas Adoptados en la Investigación	192
Tabla 18 Fuentes de Información para conformar Indicadores	220
Tabla 19 Matriz: Relación entre Indicadores y entre Índices	222
Tabla 20 Ecuaciones no Lineales de Regresión	227
Tabla 21 Decisiones y Tipo de Errores al Probar una Hipótesis.....	229

Índice de Ecuaciones

Ecuación 1 Función del Riesgo de Desastre	91
Ecuación 2 Función del Desarrollo Urbano Sustentable.....	195
Ecuación 3 Índice de cada Componente del Desarrollo Humano.....	196
Ecuación 4 Índice de Desarrollo Humano	196
Ecuación 5 Índice del Desarrollo Urbano Sustentable	196
Ecuación 6 Índice Social del Desarrollo Urbano	197
Ecuación 7 Índice del Crecimiento de la Población	198
Ecuación 8 Índice de Educación	198
Ecuación 9 Índice de Salud.....	199
Ecuación 10 Índice del Impacto Social de origen Hidrometeorológico	199
Ecuación 11 Índice Económico del Desarrollo Urbano	200
Ecuación 12 Índice de Ingreso	200
Ecuación 13 Índice del Producto Interno Bruto per Cápita	201
Ecuación 14 Índice del Impacto Económico de origen Hidrometeorológico	201
Ecuación 15 Índice Ambiental del Desarrollo Urbano.....	202
Ecuación 16 Índice de Extracción de Agua al Día	203
Ecuación 17 Índice del Consumo de Agua para Vivienda y Urbanización	203
Ecuación 18 Índice de Densidad Poblacional	204
Ecuación 19 Índice de Disposición de Residuos Sólidos Urbanos.....	205
Ecuación 20 Índice del Impacto Ambiental de origen Hidrometeorológico	205
Ecuación 21 Índice de Cambio Climático.....	206
Ecuación 22 Índice de la Presión Ambiental Urbana al Cambio Climático	207
Ecuación 23 Emisión de Bióxido de Carbono Vehicular	207
Ecuación 24 Índice de la Emisión de Bióxido de Carbono Vehicular.....	208

Ecuación 25 Emisión de Bióxido de Carbono Residencial	208
Ecuación 26 Índice de la Emisión de Bióxido de Carbono Doméstico.....	209
Ecuación 27 Emisiones de CH ₄ por los Sitios de Eliminación de Desechos Sólidos	210
Ecuación 28 Carbono Orgánico Degradable Disuelto Depositado	210
Ecuación 29 Potencial de Generación de Gas Metano	211
Ecuación 30 Carbono Orgánico Degradable Disuelto Acumulado	211
Ecuación 31 Carbono Orgánico Degradable Disuelto Descompuesto	211
Ecuación 32 Carbono Orgánico Degradable Disuelto Depositado	212
Ecuación 33 Cantidad de Gas Metano a partir del Material en Descomposición	212
Ecuación 34 Índice de la Emisión de Gas Metano por Desechos Sólidos Urbanos.....	213
Ecuación 35 Índice de Cambio de Uso del Suelo	213
Ecuación 36 Índice de Estado del Cambio Climático.....	214
Ecuación 37 Índice de Precipitación Pluvial.....	214
Ecuación 38 Índice de Evaporización Pluvial.....	215
Ecuación 39 Índice de Temperatura Máxima.....	216
Ecuación 40 Índice de Temperatura Mínima.....	216
Ecuación 41 Índice de Temperatura Media.....	216
Ecuación 42 Índice de Oscilación Térmica Diaria	217
Ecuación 43 Índice de Respuesta Urbana al Cambio Climático.....	217
Ecuación 44 Índice de Demandas en Materia Ambiental	218
Ecuación 45 Índice de Disposición de Residuos Sólidos Urbanos en Rellenos Sanitarios.....	219
Ecuación 46 Índice de Calidad de la Temperatura Interior	219
Ecuación 47 Coeficiente de Correlación Lineal de Pearson	224
Ecuación 48 Ecuación Lineal de Regresión.....	226
Ecuación 49 Pendiente de la Línea Recta de Regresión Lineal	227
Ecuación 50 Intersección de la Línea Recta de Regresión con el Eje Y	227
Ecuación 51 Estadístico de Prueba en Correlación: t Student	231
Ecuación 52 Estadístico de Prueba en la diferencia de Medias: t Student.....	233
Ecuación 53 Desviación Estándar Combinada para el Estadístico t de Student.....	233
Ecuación 54 Estadístico de prueba para la Discrepancia: ji cuadrado	235

ACRÓNIMOS

A	Disponibilidad de agua
AGEB	Área geoestadística básica
ANP	Áreas naturales protegidas
AOGCM	Modelos de Circulación General Acoplados al Océano
B _i	Bienestar social
BM	Banco Mundial
CATHALAC	Centro del Agua del Trópico Húmedo para América Latina y el Caribe
CC	Cambio climático
CCA-UNAM	Centro de Ciencias de la Atmósfera UNAM
Cd	Ciudad
Cds	Ciudades
CdO	Ciudades en Oaxaca
C ^E	Crecimiento económico
CENAPRED	Centro Nacional de Prevención de Desastres
CICC	Comisión Intersecretarial de Cambio Climático
CIEDD	Centro de Información Estadística y Documental para el Desarrollo
CH ₄	Gas metano
CIEP	Centro de Investigaciones Económicas y Presupuestarias
C _i R	Ciencia Regional
C ^J	Complejidad
CMMAD	Comisión Mundial del Medio Ambiente y el Desarrollo (siglas en inglés <i>WCED</i>).
CMNUCC	Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático (siglas en inglés <i>UNFCCC</i>).
CO ₂	Dióxido de carbono
CONAGUA	Comisión Nacional del Agua
CONAPO	Consejo Nacional de Población
CONAE	Comisión Nacional para el Ahorro de Energía
CONUEE	Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía
COP21	21ª sesión de la Conferencia de las Partes de la CMNUCC (realizada en París, Francia)
cP	Crecimiento poblacional
Cr	Crucecita (Bahías de Huatulco)
cT	Calidad de la temperatura interior de un inmueble
C _v	Coefficiente de variación

Đ	Desarrollo
D ^E	Desarrollo económico
DEPI	División de Estudios de Posgrado e Investigación (del ITO)
DOC	Carbono orgánico degradable (del inglés, <i>Degradable Organic Carbon</i>)
DOF	Diario Oficial de la Federación
dP	Densidad de población
D ^R	Desarrollo regional
D ^S	Desarrollo sustentable
DU	Desarrollo urbano
DUS	Desarrollo urbano sustentable
E	Evaporización
eA	Volumen de extracción de agua al día
ECO	Efecto colateral
E_{CH_4}	Emisión de gas metano
E_{CO_2}	Emisión de bióxido de carbono
ECOs	Efectos colaterales
eD	Educación
ENOM	El Niño Oscilación Meridional
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación
FE _v	Factor de emisión vehicular
FOD	Método de descomposición de primer orden (del inglés, <i>First Order Decay</i>)
gr	Gramo
GEF	Fondo para el Medio Ambiente Mundial
GEI	Gases efecto invernadero
Gg	Giga gramo
Gt	Gigatoneladas
H ₀	Hipótesis nula
H ₁	Hipótesis alternativa
H ₂ O	Agua
ha	Hectárea (hectómetro cuadrado)
hab	Habitante
HFC	Hidrofluorocarbonos
HFS ₆	Hexafluoruro de azufre
Hj	Heroica Ciudad de Huajuapán de León
I_A	Índice de extracción de agua al día
I_{aDU}	Índice ambiental del desarrollo urbano

I_{Bi}	Índice de bienestar ciudadano
I_{cA}	Índice del consumo de agua para vivienda y urbanización
I_{CC}	Índice de cambio climático
I_{cF}	Índice de calidad del aire interior
I_{CH_4}	Índice de emisión de gas metano
$I_{CO_2 dom}$	Índice de emisión de bióxido de carbono doméstico
$I_{CO_2 veh}$	Índice de emisión de bióxido de carbono vehicular
I_{cP}	Índice de crecimiento poblacional
I_{cT}	Índice de calidad de la temperatura interior
I_{cUS}	Índice de del cambio de uso del suelo
I_{DH}	Índice de desarrollo humano
I_{dP}	Índice de densidad poblacional
I_{DUS}	Índice del desarrollo urbano sustentable
I_E	Índice de evaporización pluvial
I_{eCC}	Índice de estado del cambio climático
I_{eD}	Índice de educación
I_{eDU}	Índice económico del desarrollo urbano
ihA	Impacto ambiental de origen hidrometeorológico
ihE	Impacto económico de origen hidrometeorológico
ihS	Impacto social de origen hidrometeorológico
I_{ihA}	Índice del impacto ambiental de origen hidrometeorológico
I_{ihE}	Índice del impacto económico de origen hidrometeorológico
I_{ihS}	Índice del impacto social de origen hidrometeorológico
I_{iN}	Índice de ingreso
IM	Índice de marginación
INE	Instituto Nacional de Ecología
$INECC$	Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático
$INEGI$	Instituto Nacional de Estadística y Geografía
I_{oS}	Índice de oscilación térmica
I_p	Índice de precipitación pluvial
I_{pCC}	Índice de la presión ambiental urbana al cambio climático
$IPCC$	Panel Intergubernamental de Cambio Climático
I_{PIBpc}	Índice del producto interno bruto per cápita
I_{rCC}	Índice de la respuesta urbana al cambio climático
IS	Índice de salud
I_{sDU}	Índice social del desarrollo urbano

ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
I_T	Índice térmico
ITO	Instituto Tecnológico de Oaxaca
Ix	Ciudad Ixtepec
Jc	Heroica Ciudad de Juchitán de Zaragoza
km	Kilómetro
L/B	Loma Bonita
L ^o	Paradigma de la Localización
MAH	Marco de Acción de Hyogo
MDL	Mecanismo de Desarrollo Limpio
Mg	Mega gramo (1×10^6 gr)
Mh	Miahuatlán de Porfirio Díaz
MM	Matías Romero Avendaño
mm	Milímetro
N	Tamaño de la población estadística
n	Número de observaciones en la muestra estadística (tamaño de la muestra)
n_1	Tamaño de la muestra 1
NO ₂	Óxido nitroso
NOM-ENER	Normas Oficiales Mexicanas de Eficiencia energética
Oc	Ocotlán de Morelos
OCDE	Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico
OMM	Organización Meteorológica Mundial
OMS	Organización Mundial de la Salud
ONU	Organización de las Naciones Unidas
P	Precipitación pluvial (mm)
P/E	Puerto Escondido
PER	Modelo ambiental de presión – estado – respuesta
PFC	Perfluorocarbonos
PIB	Producto Interno Bruto
PIB _{pc}	Producto Interno Bruto per Cápita
Pn	Santiago Pinotepa Nacional
PNUD	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
PNUMA	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente
POEGT	Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio
ppb	Partes por billón (una parte por mil millones)
ppm	Partes por millón

PRAH	Programa de Prevención de Riesgos en los Asentamientos Humanos
PROFEPA	Procuraduría Federal de Protección al Ambiente
Q	Dotación de agua potable en la ciudad
$Q_{máx}$	Dotación máxima de agua en la ciudad
$Q_{mín}$	Dotación mínima de agua en la ciudad
Q_P	Dotación mínima de agua propuesta (150 lts/hab/día)
R	Región
r	Coefficiente de correlación lineal de Pearson
R_s	Regiones
RWSI	Índice relativo de estrés hídrico (del inglés, <i>Relative Water Stress Index</i>)
s	Desviación estándar muestral (estadístico)
s^2	Varianza muestral (estadístico)
SEDESOL	Secretaría de Desarrollo Social
SEDS	Sitios de eliminación de desechos sólidos
SEGIB	Secretaría General Iberoamericana
SEMARNAP	Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca
SEMARNAT	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
SGM	Sistema de Gestión Medioambiental
SINAPROC	Sistema Nacional de Protección Civil
SMN	Servicio Meteorológico Nacional
t	t de Student
TI	Heroica Ciudad de Tlaxiaco
t_m	Valor de la t de Student determinado con los valores muestrales (estadístico de prueba)
$T_{máx}$	Temperatura anual máxima
T_{med}	Temperatura anual media
$T_{mín}$	Temperatura anual mínima
Tx	San Juan Bautista Tuxtepec
UNAM	Universidad Nacional Autónoma de México
UNESCO	Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura
UNFPA	Fondo de Población de las Naciones Unidas
UNICEF	Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia
UNISDR	Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres
USEPA	United States Environmental Protection Agency
ZM	Zona Metropolitana
ZMO	Zona Metropolitana de Oaxaca

ZMs	Zonas Metropolitanas
ZMT	Zona Metropolitana de Tehuantepec

Símbolos

α	Nivel de significación
δ_R	Desigualdades regionales
μ	Media aritmética de la población estadística (parámetro)
θ_i	Coficiente de desigualdades
ρ	Coficiente de correlación lineal de Pearson (parámetro)
σ	Desviación estándar de la población estadística (desviación estándar paramétrica)
σ^2	Varianza de la población estadística (varianza paramétrica)
τ_i	Coficiente de turbulencias sociales
ν	Grados de libertad
\bar{X}	Media aritmética de la muestra (estadístico)
$^{\circ}\text{C}$	Grados centígrados (Celsius)
$\%$	Por ciento
$^{\circ}/_{\infty}$	Por mil



Zona Metropolitana de Oaxaca, Carretera a Monte Albán, Oaxaca; febrero, 2018

PREFACIO

El clima siempre está cambiando, pero en los últimos tiempos están ocurriendo cambios rápidamente por la acumulación en la atmósfera de gases de efecto invernadero, emitidos por actividades antropogénicas. Un análisis preliminar de la temperatura entre 1930-2011, en la zona metropolitana de Oaxaca, México, –una de las ciudades analizadas en este libro–, indica que las décadas con menor y mayor temperatura fueron las de los años 30 y 90 respectivamente; como mes más caluroso resultó abril y como el más frío, enero; además, la temperatura aumentó en la zona 1.73 °C respecto a la década de los años 70.

Es en este contexto, que el presente libro tiene como propósito abordar y contribuir al conocimiento en la relación del desarrollo urbano sustentable y el cambio climático, sobre la incidencia de este proceso en las ciudades en Oaxaca, sus impactos y cómo las ciudades de Oaxaca están mitigando el cambio climático y adaptándose a él. El área de estudio lo constituyen la zona metropolitana de Oaxaca, la zona metropolitana de Tehuantepec y doce ciudades; es decir, 14 ciudades del estado de Oaxaca comprendidas en 37 municipios, cuya población se ha incrementado y, en la última década, contienen más del 31 % de la población estatal, esto durante el periodo 2000-2015. El texto también aporta una propuesta para políticas públicas enfocadas a resolver la problemática derivada de la relación del cambio climático y desarrollo urbano sustentable en las ciudades, específicamente de Oaxaca.

El libro parte del supuesto que el cambio climático tiende a afectar los niveles de desarrollo urbano sustentable y que este fenómeno tiene mayor manifestación en ciudades alejadas de la sustentabilidad. Para ello, se determinó el grado de desarrollo urbano sustentable y el índice de cambio climático en las ciudades de Oaxaca en un marco conceptual, se establecieron relaciones de actividades humanas inherentes a la presión sobre el ambiente, al estado de cambio climático y a la respuesta a la manifestación del cambio en el clima. Se realizó un análisis por ciudad, en cuatro estratos demográficos y en cinco climas presentes en el estudio.

Los resultados indican una progresiva afectación en bienestar social producto del cambio climático en todas las ciudades de estudio, lo que genera incremento en la demanda energética para alcanzar el confort humano y, una exigencia de adaptación biológica.

El desarrollo urbano sustentable presentó disminución de su dimensión social, aumento en la económica y, en la dimensión ambiental se mantuvo con una afectación negativa. Esta afectación urbana hacia el ambiente es notable por el crecimiento demográfico y de uso de recursos naturales básicos, entre ellos el agua. Estas ciudades de Oaxaca ubicadas en el Sureste de México, no son grandes emisoras, pero son deseables acciones inmediatas que mitiguen y se traduzcan en una menor afectación ambiental y social.

Este libro tiene como base la investigación realizada en la Tesis doctoral “Cambio Climático y Desarrollo Urbano Sustentable de las Ciudades en Oaxaca”, que para obtener el grado de Doctor en Ciencias en Desarrollo Regional y Tecnológico, presentó uno de los autores del presente texto, el entonces Maestro en Ciencias Marcelo Andrés López Villanueva, con el apoyo de su comité tutorial integrado por el Dr. Andrés Enrique Miguel Velasco, quien fungió como su director de tesis, así como el respaldo de la Dra. Blasa Celerina Cruz Cabrera, el Dr. Carlos Espinoza Nájera, el Dr. Julio César Torres Valdez, y el Dr. Rafael Gabriel Reyes Morales, a quienes se hace extensivo el más sincero agradecimiento académico por sus comentarios y aportaciones. Un agradecimiento especial para el Dr. Víctor Orlando Magaña Rueda investigador de la UNAM, quien compartió su tiempo y experiencia sobre el fenómeno del cambio climático. Agradecemos a los doctores Jaime Melchor Aguilar y Néstor Solís Jiménez por sus comentarios y observaciones.

También se hace extensivo el reconocimiento a las instituciones que apoyaron con tiempo y recursos la investigación referida, al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, al Instituto Tecnológico de Oaxaca, al Programa para el Desarrollo Profesional Docente, y de manera muy especial a la Universidad Autónoma “Benito Juárez” de Oaxaca.

Deseamos que el presente libro resulte de interés y de utilidad para todas las personas, investigadores y estudiantes que tengan la oportunidad de consultarlo.

LOS AUTORES.
Oaxaca, México; 2018

INTRODUCCIÓN

El siglo XX se caracterizó por una creciente urbanización. De acuerdo con datos de la Organización de las Naciones Unidas (ONU), la población urbana en el Mundo pasó de un 15% en 1890 a más del 50% en el año 2000 con relación a la población total (ONU-Habitat, 2011a). En 2011, en México, 76.9% de la población vivía en localidades urbanas y 23.1% en rurales. Esto significa un cambio trascendente en el modelo demográfico, porque el país ya no se considera **predominantemente rural** como hace 100 años. El Banco Mundial (BM) prevé escenarios futuros de impacto en disponibilidad de agua, salud o protección civil que sugiere un mayor riesgo para la población de las ciudades, principalmente entre los pobres (BM, 2012).

Durante los últimos años se han acumulado mayores criterios y principios comunes en la preservación ambiental, existiendo mayores evidencias y consensos sobre el fenómeno del cambio climático y sus consecuencias. La presión que ejercen las poblaciones urbanas en términos de demanda de energía y uso de recursos vitales como el agua, se manifiesta de manera diferenciada para mantener y acrecentar el conjunto de satisfactores del que gozan sus habitantes, generalmente a costa del deterioro y uso exhaustivo de los recursos naturales, sin prever las consecuencias ambientales, económicas y sociales.

Una de las principales causas del cambio en el clima local y el aumento en las oscilaciones térmicas en ciudades de Oaxaca está, en el aumento del consumo energético y emisión de gases de efecto invernadero, por parte de viviendas, vehículos y de los residuos sólidos urbanos. Ciudades en las regiones del Istmo y la Mixteca del estado presentan cierta estabilidad en la temperatura máxima registrada, no así en las oscilaciones térmicas que tienen gran incremento.

Los aumentos de temperatura generarán incrementos en la demanda energética para alcanzar el confort humano. Teniendo las ciudades gran potencial para impulsar soluciones innovadoras tanto de adaptación como de reducción de emisiones al ambiente.

El presente libro aborda y contribuye al conocimiento en la relación desarrollo urbano sustentable y cambio climático; la incidencia de las ciudades al cambio climático; los impactos del cambio climático en las ciudades y cómo las ciudades están mitigando el cambio climático y adaptándose a él, particularmente en el estado de Oaxaca y durante el periodo 2000–2015.

El libro se plantea como propuesta para políticas públicas enfocadas a resolver la problemática derivada de la relación del cambio climático y el desarrollo urbano sustentable, considerando como referencia las ciudades del estado de Oaxaca, México.

Mediante análisis estadístico descriptivo e inferencial que se realiza, se evidencian, que algunas ciudades el desarrollo urbano sustentable solo atenúa o mitiga el cambio climático. En otros casos, que viven una transformación energética y sustentable, los resultados muestran que el cambio climático se reduce. Entonces, una transformación efectiva del desarrollo urbano con orientación sustentable, disminución en la afectación medioambiental y un aumento de respuesta urbana al cambio climático se propicia una mejora en la calidad de vida.

El texto se estructura en capítulos, el primero de éstos presenta los antecedentes de la problemática ambiental, el planteamiento del problema urbano como evidencia del cambio climático, describe la necesidad que a través de la investigación científica, se fortalezca la habilidad para guiar las interacciones entre la Naturaleza y la sociedad hacia trayectorias sustentables y se delimita el objeto de estudio.

El Capítulo II define un marco teórico que permite analizar el comportamiento del desarrollo urbano sustentable y del cambio climático de las ciudades, con la revisión de teorías y modelos ambientales, de cambio climático y del desarrollo urbano sustentable. La información presentada, revisada y analizada en esta parte del estudio permite establecer el modelo propio para el análisis.

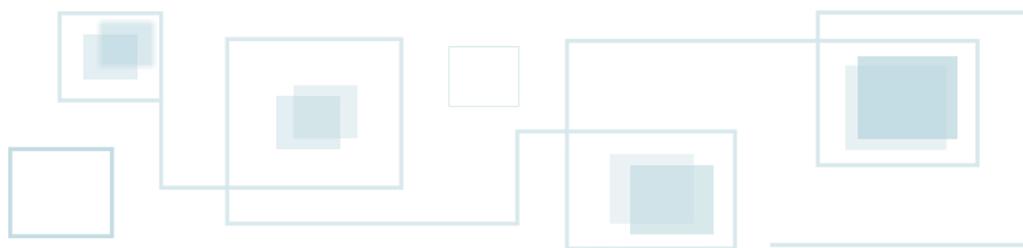
El siguiente Capítulo, expone la metodología adoptada en el proceso analítico del presente libro, en ésta se detallan las variables de investigación con su tratamiento

respectivo y se establecen hipótesis con sus pruebas a partir de distribuciones de probabilidad.

El contexto de las ciudades de estudio se aborda en el Capítulo IV, este inicia con la ubicación geográfica del estado de Oaxaca, misma que le confiere diversidad climática. Destacándose en el estudio la biodiversidad biológica de la entidad con presencia de seres vivos de grupos endémicos; diversidad étnica y lingüística. Se concluye con la afectación ambiental producto de la actividad antropogénica, misma que no ha tomado en cuenta a los miles de seres vivos con los que cuenta el estado.

El Capítulo V describe los principales resultados obtenidos en la investigación, el comportamiento del desarrollo urbano sustentable y la situación del cambio climático. Se finaliza con la prueba de las hipótesis planteadas.

El texto finaliza con el Capítulo VI dedicado a exponer las conclusiones y recomendaciones sugeridas en este trabajo para enfrentar la problemática del cambio climático en las ciudades, haciendo énfasis en el caso de Oaxaca, México.



I EL CAMBIO CLIMÁTICO, UN COMPROMISO SOCIAL



Ex convento del Siglo XVI, Villa de Etla, Oaxaca, febrero, 2018

I. EL CAMBIO CLIMÁTICO, UN COMPROMISO SOCIAL

En este capítulo se presentan los antecedentes de la problemática ambiental dándose énfasis al desarrollo sustentable; se plantea la problemática de estudio como evidencia del cambio climático; se describe la necesidad que, a través de la investigación científica se fortalezca la habilidad para guiar las interacciones entre la Naturaleza y la sociedad hacia trayectorias sustentables y se delimita el objeto de estudio espacial y temporalmente.

1.1. Logros y Compromisos Sociales frente al Cambio Climático

1.1.1. Visión histórica

El concepto de **sustentabilidad** surge cuando se comprende que el desarrollo debe centrarse en los seres humanos y no sólo en los índices económicos; que hemos tomado prestada la Tierra de nuestros hijos y de los hijos de nuestros hijos y, por tanto, se les debe de heredar en condiciones razonablemente positivas. La esencia de la sustentabilidad es un antiguo principio de la cultura humana y del comportamiento biológico–ecológico de las especies animales. Aún antes de la aparición del hombre sobre la Tierra, los herbívoros y carnívoros se alimentaban sin sobreexplotar sus territorios de los cuales dependía su vida.

En sus inicios, la Humanidad incorporaba naturalmente los principios de sustentabilidad, pues el crecimiento demográfico y la capacidad tecnológica para el consumo de los recursos eran limitados. Había actitudes sustentables, como la de los indígenas de Norteamérica que bautizaron a uno de sus lagos con un nombre que significaba: “nosotros pescamos en nuestro lado, ustedes pescan el suyo y en el medio no pesca nadie”. Esta franja donde nadie pescaba garantizaba mantener la pesca dentro de los límites de la regeneración y el crecimiento natural, lo que proporcionaba una pesca sustentable.

Pero también hubo explotaciones irracionales con consecuencias desastrosas, como el caso de las reservas del Mediterráneo aniquiladas por los fenicios que utilizaban grandes cantidades de madera para la construcción de naves. Groenlandia fue descubierta y poblada por los vikingos y llegó a tener miles de habitantes, pero entre los años 1400 y 1500 la población desapareció de la isla, al parecer por la sobreexplotación de los recursos naturales, los cuales no pudieron renovarse con rapidez con que se consumieron debido al clima extremo. Ubicados en nuestro país, una hipótesis indica que el esplendor de la civilización Maya decayó al rebasarse los límites sustentables de la selva que mantenía a la población.

En el siglo XVIII Georges-Louis Leclerc, conde de Buffon, y otros pensadores de la época que intentaban comprender y categorizar la Naturaleza, ya tenían idea de la sustentabilidad y lo reflejaban en sus obras (López López, 2008a). Más tarde a finales del siglo XIX, el interés por la conservación se unió con los propósitos con la nueva ciencia del momento la Ecología. A principios de la década de los noventa, los expertos de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) acuñaron el término ecodesarrollo y hay quienes atribuyen la autoría del término a Maurice Strong, pero también se dice que Ignacy Sachs, consultor de la ONU para temas de ambiente y desarrollo propuso el término como conciliador del aumento de la producción con el respeto a los ecosistemas, para mantener las condiciones de habitabilidad de la Tierra.

Cualquiera que haya sido su paternidad, el término empezó a usarse en las actividades internacionales de ambiente y desarrollo. Una de esas reuniones se celebró en México en 1974 en Cocoyoc, Morelos, que fue suscrita y presentada a la prensa por el presidente de la República Mexicana. Las resoluciones del documento adoptaban el término ecodesarrollo.

Unos días después de esa reunión, el responsable de la diplomacia de Estados Unidos envió un telegrama al presidente del Programa para el Medio Ambiente de las Naciones Unidas, manifestando su desacuerdo con el término en cuestión, lo que propició el veto de la palabra ecodesarrollo, término que años más tarde sería sustituido por la expresión

desarrollo sustentable (D^S), aceptada más universalmente, quizá por su similitud con otra conocida en los medios económicos, que era el desarrollo autosostenido (Naredo, 1997).

1.1.2. Conferencia sobre el Ambiente Humano

Del 5 al 16 de junio de 1972, la comunidad mundial se reunió en Estocolmo, Suecia, para llevar a cabo la Primera Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Ambiente Humano. El objetivo principal de esta conferencia fue establecer un criterio y principios comunes que ofrecieran a los pueblos del mundo inspiración y guía para preservar y mejorar el ambiente humano.

Uno de los principales logros que se acreditan a esa reunión mundial fue la creación del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), que inspiró a muchos grupos ambientalistas y propició la creación de secretarías (ministerios) y agencias ambientales en países que aún no las tenían. Fue el caso de México donde se creó la Subsecretaría del Medio Ambiente en 1972, adscrita a la Secretaría de Salubridad y Asistencia.

1.1.3. El Informe Brundtland o Nuestro Futuro Común

En 1983, la Asamblea General de las Naciones Unidas decidió crear una comisión especial independiente, para que diseñara un programa global para el cambio. En síntesis, el Informe Brundtland publicado en 1987, está integrado por tres partes con sus capítulos correspondientes, donde se plantea un marco analítico que se refiere a las preocupaciones ambientales y a las tareas y esfuerzos comunes, que deben abordarse en todo el Mundo para propiciar la sustentabilidad. De esta manera, el **Informe Brundtland** abrió las vías políticas para el reconocimiento mundial del concepto sustentabilidad y desarrollo sustentable (D^S).

1.1.4. La Cumbre de la Tierra en Río de Janeiro

En junio de 1992, con asistencia de casi 30 000 personas se celebró en Río de Janeiro, la Conferencia del Medio Ambiente y del Desarrollo de las Naciones Unidas, conocida como la Cumbre de la Tierra (*Earth Summit*, en inglés). Los temas que se trataron en la Cumbre de la Tierra se resumen en la Declaración de Río de Janeiro, también llamada Carta de la Tierra, la cual se integra por 27 principios que se refieren fundamentalmente al entorno y al desarrollo. Los tratados sobre diversidad biológica y cambio climático (negociados de antemano) fueron firmados por más de 150 naciones siendo este el antecedente formal del Protocolo de Kyoto. Se formalizó el programa para el siglo XXI, denominado Agenda 21 y se creó la Comisión para el Desarrollo Sustentable.

1.1.5. Agenda 21

El Programa o Agenda 21, cuya versión original es un libro de 800 páginas que contiene los deberes de las Naciones para el siglo XXI, en forma exhaustiva y detallada. La Agenda 21 consta de 40 capítulos y está dividida en las siguientes secciones:

- I. Se refiere a aspectos sociales y económicos del desarrollo, destacando la lucha contra la pobreza, la racionalidad en el consumo y la necesidad del control del crecimiento demográfico desmesurado.
- II. Aborda las medidas de conservación: protección de la atmósfera, deforestación y sequías, biodiversidad, preservación de los mares y en forma preponderante los desechos sólidos de todo tipo.
- III. Trata del fortalecimiento de los grupos principales para el ecodesarrollo, enfatizando la emancipación de la mujer y la mejoría de las condiciones infantiles.
- IV. Propone la ejecución de las propuestas desde los puntos de vista: financiero, transferencia tecnológica, ciencia para el desarrollo sustentable, educación ambiental y cooperación internacional.

1.1.6. La Cumbre de Johannesburgo

Del 26 de agosto al 4 de septiembre de 2002, se llevó a cabo la Cumbre de Johannesburgo (Sudáfrica) para el desarrollo sustentable, también llamada Río +10, en el marco de los documentos y experiencias de la Conferencia sobre el Ambiente Humano de Estocolmo y de la Cumbre de la Tierra de Río de Janeiro. Haciendo una abstracción, la Cumbre de Johannesburgo relacionó la sociedad humana y el ambiente a través de varios temas críticos, de los que se enfatizaron: agua y medidas sanitarias, energía, productividad agrícola, salud y manejo de la biodiversidad y de los ecosistemas. México se comprometió con una propuesta de alto perfil relacionada con la biodiversidad.

1.1.7. El Protocolo de Kyoto

La CMNUCC estableció el primer paso hacia el compromiso por los países a reducir sus emisiones, pero los resultados del compromiso fueron poco alentadores. Sin embargo, con la entrada en vigor del Protocolo de Kyoto (febrero del 2005), ya se cuenta con compromisos cuantificables de reducción de emisiones por parte de los países de mayor desarrollo, que permitan una mayor eficiencia en el logro de objetivos climáticos y que al mismo tiempo, promuevan nuevas alianzas entre actores económicos internacionales, inversiones y oportunidades de exportación para las Naciones en vías de desarrollo (Andrade Vallejo, Márquez Martínez, & Martínez Díaz, 2008).

El Protocolo de Kyoto fija, junto con las medidas de acción interna para contener las emisiones, y con carácter accesorio a las mismas, unos **mecanismos de flexibilidad**, que son de tres tipos:

- Implementación conjunta,
- Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL)
- Comercio de emisiones

1.1.8. Acuerdo de París, COP21

La 21ª sesión de la **Conferencia de las Partes** (COP21)¹ tuvo lugar del 30 de noviembre al 12 de diciembre de 2015 en París, Francia. Esta conferencia concluyó con la adopción de un acuerdo histórico para combatir el CC e impulsar medidas e inversiones para un futuro bajo en emisiones de carbono, resiliente y sostenible.

El objetivo principal del acuerdo universal es mantener el aumento de la temperatura en este siglo muy por debajo de los 2 °C, e impulsar los esfuerzos para limitar el aumento de la temperatura incluso más, por debajo de 1.5 °C sobre los niveles preindustriales. Además, el acuerdo busca reforzar la habilidad para hacer frente a los impactos del CC.

El **Acuerdo de París** está apoyado por la Agenda de Acción Lima-París (*LPAA*, por sus siglas en inglés)², una iniciativa liderada por Francia, Perú, el Secretario General de Naciones Unidas y la Secretaría de la CMNUCC. Su objetivo es mostrar los compromisos y las asociaciones de ciudades, regiones, empresas y organizaciones de la sociedad civil, a menudo con los gobiernos, mediante las que se reducen las emisiones de GEI y se construye resiliencia contra el CC.

1.1.9. Comunicación Nacional ante la CMNUCC

Las Naciones Unidas y sus Estados Miembros, han emprendido iniciativas para hacer frente al CC a escala mundial. En 1992 adoptaron la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), que fue seguida, en 1997, por el Protocolo de Kyoto (UNFCCC, 2005).

Las Comunicaciones Nacionales de México ((SEMARNAP, 1997a); (SEMARNAT, 2000a); (SEMARNAT, 2006a); (SEMARNAT, 2009a) y (SEMARNAT, 2012a)) ante la

¹ La CMNUCC fue adoptada en la Cumbre de la Tierra de Río de Janeiro en 1992; entró en vigor el 21 de marzo de 1994 y ha sido ratificada por 196 Estados, que constituyen las **Partes**. La Conferencia de las Partes (COP), compuesta por todos los Estados Partes, constituye el órgano supremo de esta Convención. Se reúne anualmente en conferencias mundiales en las que se adoptan decisiones para respetar los objetivos de lucha contra el cambio climático.

² Los eventos de la Agenda de Acción Lima-París durante la Conferencia de Partes 21 demostraron la respuesta masiva y creciente de los actores que no son Parte a llevar a cabo una acción climática ambiciosa.

CMNUCC³ evidencian los avances que ha llevado a cabo el país. En una comparación entre los periodos comprendidos entre la Cuarta (2009) y la Quinta (2012) Comunicaciones, lo más destacable es el incremento de acciones y estudios en materia climática en todas las facetas de la actividad nacional.

A continuación se mencionan las más relevantes:

- En los aspectos jurídicos, el 6 de junio de 2012 se publicó la “Ley General de Cambio Climático”.
- El Instituto Nacional de Ecología (INE) mencionado a lo largo de esta Comunicación se convirtió en el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC) el 10 de octubre de 2012.
- Los sectores federal, estatal y municipal han incorporado políticas y actividades relacionadas con el cambio climático (CC). El sector académico se amplía y cubre un creciente número de tópicos en sus actividades de investigación y enseñanza en el tema.
- La Quinta Comunicación incorpora un importante tema sobre el tratamiento del CC en las ciudades (SEMARNAT, 2012a).

1.1.10. La Investigación del cambio climático en Oaxaca, México

Las bases de datos del potencial e inventario de la investigación científica y tecnológica en materia de CC del INE en México [(INE, 2008a) e (INE, 2005a)], incluyen a instituciones educativas del estado de Oaxaca como lo son: el Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Oaxaca (CIIDIR-OAX), del Instituto Politécnico Nacional y a la Universidad del Mar, esta última con proyectos de ecología y blanqueo coralino e investigaciones sobre CC de ecosistemas costeros.

Por otra parte, el Instituto Tecnológico de Oaxaca (ITO), a través de la División de Estudios de Posgrado e Investigación (DEPI), ha llevado a cabo investigaciones sobre

³ México es parte de la CMNUCC, entrando en vigor desde el año 1994.

desarrollo sustentable⁴ en varias regiones de México. Al consultar estas investigaciones de posgrado (ITO, 2012a) pueden identificarse 16 trabajos de doctorado y 19 de maestría que contienen la variable D^S, algún tema afín o parte de la zona de estudio de la presente investigación (ver **Anexo A**).

A pesar de que los efectos de las ciudades y el impacto del CC están convergiendo en peligrosas direcciones que suponen una seria amenaza para la estabilidad ambiental, económica, política y social del mundo, se carece de una investigación local al respecto. Por tanto, el presente libro pretende abordar y contribuir al conocimiento en la relación desarrollo sustentable y cambio climático (CC), sobre la incidencia de las ciudades de Oaxaca (CdO) al CC, los impactos del CC en las CdO y cómo las CdO están mitigando el CC y adaptándose a éste.

1.2. El Cambio Climático como un Problema de las Ciudades

1.2.1. Las Ciudades como Objeto de investigación del Cambio Climático

El tipo de presión que ejercen las poblaciones urbanas en términos de demanda de energía y uso de recursos vitales como el agua, se manifiesta de manera diferenciada para mantener y acrecentar el conjunto de satisfactores del que gozan sus habitantes, generalmente a costa del deterioro y el uso exhaustivo de los recursos naturales, sin prever las consecuencias ambientales, económicas y sociales que generan este tipo de prácticas.

El presente texto analiza zonas urbanas y tiene como área de estudio 14 ciudades⁵ del estado de Oaxaca: Zona Metropolitana de Oaxaca (ZMO), Zona Metropolitana de Tehuantepec (ZMT), Ciudad Ixtepec (Ix), Heroica Ciudad de Huajuapán de León (Hj), Heroica Ciudad de Juchitán de Zaragoza (Jc), Loma Bonita (L/B), Matías Romero Avendaño (MM), Miahuatlán de Porfirio Díaz (Mh), Ocotlán de Morelos (Oc), San Juan Bautista

⁴ Actualmente los Programas de Maestría y Doctorado en Ciencias en Desarrollo Regional y Tecnológico llevan a cabo la línea de investigación "Desarrollo Regional Sustentable".

⁵ Ciudad en su sentido etimológico tiene origen latino, *Civitas*: conjunto de ciudadanos, de hombres con derechos plenos, mientras que *Urbs*: ciudad en sí, físicamente constituida como emplazamiento de la *Civitas*. Comprendiéndose el urbanismo como expresión de la ciudad, apareciendo frecuentemente como la expresión territorial de la ciudad, como la ciudad concretada en el mundo físico.

Tuxtepec (Tx), Puerto Escondido (P/E), Heroica Ciudad de Tlaxiaco (TI), Crucecita (Cr) y Santiago Pinotepa Nacional (Pn). La población de estas ciudades se ha incrementado más que el promedio estatal y, en la última década, contienen más del 31 % de la población estatal (Tabla 1 y Figura 7).

En México, el proceso de metropolización inició en la década de los cuarenta, desde entonces, el número de zonas metropolitanas (ZMs) no ha dejado de aumentar de acuerdo con diversas fuentes y autores (SEDESOL-INEGI-CONAPO, 2007), hasta alcanzar 59 ZMs en 2010, en las que residen 63.8 millones de habitantes; esto es, 56.8 % del total nacional, en un total de 367 delegaciones y municipios metropolitanos (SEDESOL-CONAPO-INEGI, 2012). Los cambios estructurales justifican la actualización de la delimitación, de ZMs como son el crecimiento demográfico, la construcción de grandes desarrollos habitacionales en la periferia, la aparición de temas emergentes como el crecimiento verde y el impacto del cambio climático, el consenso sobre el papel creciente de las zonas metropolitanas como motores del desarrollo económico y social de los países, y la consolidación del **Fondo Metropolitano** como mecanismo de financiamiento.

Tabla 1 | Ciudades de Oaxaca: Población y Tasas de Crecimiento Anual, 1990 – 2010

Ciudad en Oaxaca	Población (hab)					Tasa de Crecimiento Anual (%)				
	1990	1995	2000	2005	2010	1990-1995	1995-2000	2000-2005	2005-2010	2000-2010
Ciudad Ixtepec	20 818	21 127	22 261	23 700	25 381	0.30	1.05	1.26	1.38	1.32
Heroica Ciudad de Huajuapán de León	32 097	38 828	43 073	45 321	53 043	3.88	2.10	1.02	3.20	2.11
Heroica Ciudad de Juchitán de Zaragoza	53 666	62 065	64 642	70 714	74 825	2.95	0.82	1.81	1.14	1.47
Loma Bonita	30 720	30 826	30 692	29 783	31 485	0.07	-0.09	-0.60	1.12	0.26
Matías Romero Avendaño	19 692	20 127	19 979	19 899	18 944	0.44	-0.15	-0.08	-0.98	-0.53
Mihuatlán de Porfirio Díaz	12 102	14 921	16 724	18 987	23 940	4.28	2.31	2.57	4.75	3.66
Ocotlán de Morelos	10 219	11 521	12 583	13 728	15 016	2.43	1.78	1.76	1.81	1.78
San Juan Bautista Tuxtepec	62 788	77 467	84 199	94 209	101 810	4.29	1.68	2.27	1.56	1.92
Puerto Escondido	8 194	14 738	18 484	20 178	25 902	12.46	4.63	1.77	5.12	3.45
Heroica Ciudad de Tlaxiaco	9 555	12 171	13 856	16 635	17 543	4.96	2.63	3.72	1.07	2.40
Crucecita	2 798	9 564	12 585	13 044	15 130	27.87	5.64	0.72	3.01	1.87
Santiago Pinotepa Nacional	19 818	23 475	24 347	25 871	29 604	3.44	0.73	1.22	2.73	1.98
Zona Metropolitana de Oaxaca	359 551	437 895	501 283	555 545	607 963	4.02	2.74	2.08	1.82	1.95
Zona Metropolitana de Tehuantepec	123 789	142 793	145 567	150 281	161 337	2.90	0.39	0.64	1.43	1.03
Ciudades en Oaxaca	765 807	917 518	1 010 275	1 097 895	1 201 923	3.68	1.94	1.68	1.83	1.75
Porcentaje Estatal	25.36%	28.42%	29.38%	31.31%	31.61%					
Estado de Oaxaca	3 019 560	3 228 895	3 438 765	3 506 821	3 801 962	1.35	1.27	0.39	1.63	1.01

Fuente: El autor, con datos de censos y conteos del INEGI (1990a, 1995a, 2000a, 2005a y 2011a).

En el caso de Oaxaca, la ZMO formada por 22 municipios tiene una superficie total de 602.7 km² y registró, en 2010, una población de 607 963 habitantes (hab) que representan 15.99% de la población estatal que para el mismo año es de 3 801 962 hab (INEGI, 2011a);

resultando así, la zona con la concentración poblacional más importante en el estado de Oaxaca. Por su parte, la ZMT formada por los municipios de Salina Cruz, San Blas Atempa y Santo Domingo Tehuantepec abarca una superficie de 1 537.8 km² con una población, en el 2010, de 161 337 hab, que representa 4.24% en el Estado (INEGI, 2011a).

La proporción poblacional estatal en la ZMO se ha incrementado en los últimos años; en 1990 de cada 100 oaxaqueños aproximadamente 12 vivían en esta región y este valor aumentó a cerca de 16 oaxaqueños (15.99 %) en el 2010; la ZMT ha concentrado más de 4% de la población estatal desde 1990.

La **Figura 1** muestra el comportamiento poblacional de la ZMO desde 1990 a 2010; una ecuación lineal representa la curva de mejor ajuste de acuerdo al método de mínimos cuadrados, con un coeficiente de correlación lineal de Pearson de 0.99, éste último revela un fuerte grado de relación lineal positiva. La ecuación lineal calculada indica que cada año la población aumenta 12 289 hab, de continuar esta tendencia podemos estimar para la ZMO en el 2015 una población de 670 000 hab.

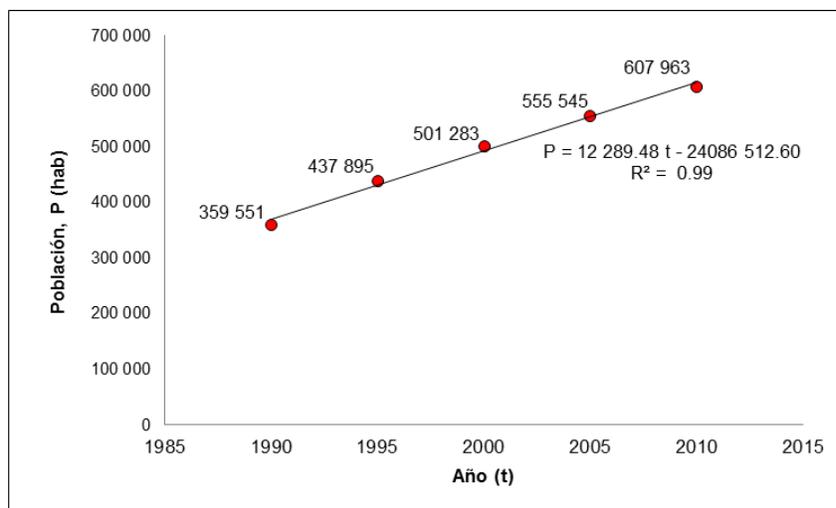


Figura 1 | Zona Metropolitana de Oaxaca: Población, 1990 – 2010

Fuente: El autor, a partir de datos censales y conteos del INEGI (1990a, 1995a, 2000a, 2005a y 2011a).

Los municipios de la ZMO con mayor superficie territorial son Oaxaca de Juárez (89.5km²), Tlaxiactac de Cabrera (81.5 km²) y la Villa de Zaachila (81.4 km²) los cuales

representan 41.88 % de la superficie total de la metrópoli. Entre los municipios de mayor población según el Censo de población y vivienda 2010 se encuentran Oaxaca de Juárez (263 357 hab), Santa Cruz Xoxocotlán (77 833 hab) y Santa Lucía del Camino (47 356 hab), mismos que conforman el 63.91 % de la población de la zona. Al analizar la distribución poblacional de la ZMO por grupo de edad quinquenal y sexo se construye la pirámide poblacional (Figura 2), con 286 168 hombres, 321 795 mujeres con los porcentajes de la población en cada grupo quinquenal y sexo. Notándose que los primeros 7 quinquenios representan entre 8 y 9 % cada uno, acumulando un 63.44 % de la población que corresponde a edades de 0 a 34 años. Además, más del 45 % de la población en la ZMO se encuentra en edad escolar.

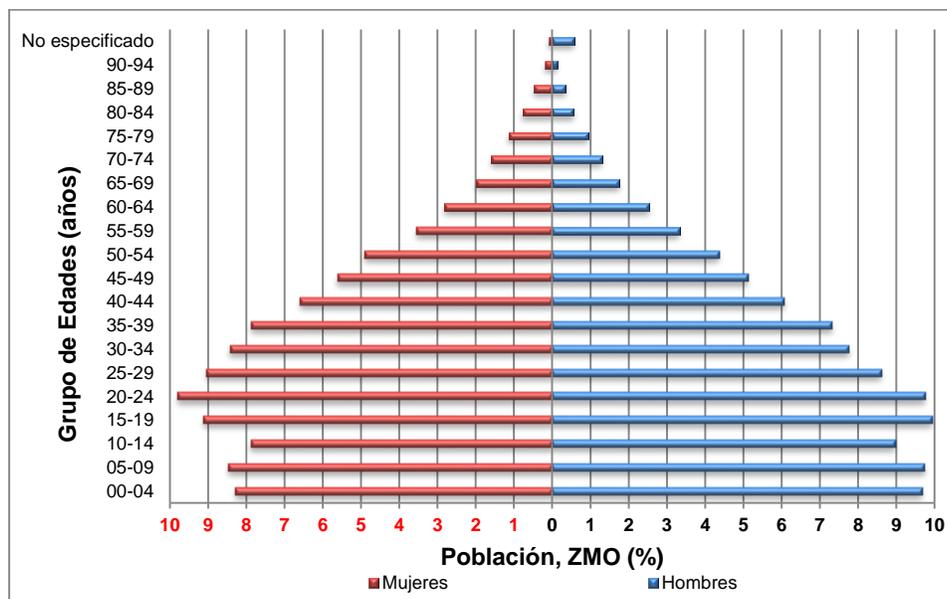


Figura 2 | Zona Metropolitana de Oaxaca: Pirámide de Población en 2010

Fuente: El autor con datos del Censo de Población 2010 (INEGI, 2011b).

1.2.2. El cambio climático como problema en el desarrollo regional

1.2.2.1. Definición de cambio climático

La CMNUCC define el cambio climático como la “*variación del clima, atribuido directa o indirectamente a actividades humanas, el cual altera la composición global y representa un añadido a la variabilidad climática natural observada a través de periodos comparables entre sí*”. El Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático ((IPCC)⁶ difiere un poco de esa definición, pues dice que “*cambio climático es cualquier variación en el clima a través del tiempo, tanto por razones naturales como actividades humanas*” (IPCC, 2007a).

Mientras que el *calentamiento global* es la manifestación más evidente del CC y se refiere al incremento de las temperaturas promedio globales terrestres y marinas (SEGOB, 2012a). El CC global es la mayor amenaza que enfrenta la vida tal y como hoy la conocemos porque eleva la temperatura promedio del Planeta. Por pequeña que sea, la variación de temperatura afecta el ciclo del agua, altera la frecuencia de los fenómenos climatológicos normales y hace más catastróficos los desastres naturales; a su vez, esto daña comunidades, cultivos y ecosistemas rompiendo el equilibrio ecológico en el cual se sustenta la vida actual en la Tierra.

1.2.2.2. Importancia científica actual del cambio climático

La Tierra absorbe radiación solar (radiación de onda corta), principalmente en la superficie y la redistribuye por circulaciones atmosféricas y oceánicas para intentar compensar los contrastes térmicos, principalmente del Ecuador a los Polos. La energía recibida es re-emitida al espacio (radiación de onda larga) para mantener en el largo plazo, un balance entre energía recibida y re-emitida. Cualquier proceso que altere tal balance, ya sea por

⁶ El IPCC es un grupo internacional de expertos sobre el CC, establecido en el año 1988 por la Organización Meteorológica Mundial y el Programa Ambiental de las Naciones Unidas, una de sus funciones es evaluar el riesgo del CC originado por las actividades humanas y sus informes se basan en publicaciones de revistas técnicas y científicas.

cambios en la radiación recibida o re-emitada o en su distribución de la Tierra, se reflejará como cambios en el clima.

Los aumentos en la concentración de los llamados gases de efecto invernadero (GEI) reducen la eficiencia con la cual la Tierra re-emite la energía recibida al espacio. Parte de la radiación saliente de onda larga emitida por la Tierra al espacio es re-emitada a la superficie por la presencia de esos gases. Así, la temperatura de superficie se elevará para emitir más energía y, aunque parte de ella quede **atrapada**, suficiente energía saldrá al espacio para alcanzar el balance radiativo que mantiene relativamente estable el clima. Es claro que, si las concentraciones de GEI continúan aumentando, la temperatura de superficie del Planeta mantendrá una tendencia positiva.

El clima depende de un gran número de factores que interactúan de manera compleja. A diferencia del concepto tradicional de clima, como promedio de alguna variable, hoy en día se piensa en éste como un estado cambiante de la atmósfera, mediante sus interacciones con el mar y el continente, en diversas escalas de tiempo y espacio. Cuando un parámetro meteorológico como la precipitación o la temperatura sale de su valor medio de muchos años, se habla de una anomalía climática ocasionada por forzamientos internos, como inestabilidades en la atmósfera y/o el océano o por forzamientos externos, como puede ser algún cambio en la intensidad de la radiación solar recibida o incluso cambios en las características del Planeta (concentración de GEI, cambios en el uso de suelo, etc.) resultado de la actividad humana.

Las formas de variabilidad del clima son muchas y, por tanto, pronosticarlo a largo plazo no es fácil. Es por ello que distinguir qué produce cambios en el clima de un año a otro, o en escalas mayores de tiempo, constituye un reto científico. Hoy en día se sabe que la humedad en el suelo también constituye un mecanismo de memoria que puede afectar el clima. Es por ello que la deforestación o la urbanización resultan en variabilidad o CC, al afectar la humedad que puede ser retenida por el suelo. Aunque el CC es un proceso normal en nuestro planeta, el problema es que se ha incrementado rápidamente por la acumulación en la atmósfera de los GEI, emitidos por actividades humanas.

1.2.2.3. Referencias de cambio climático

A principios del siglo XX, los investigadores que trabajaban con el tema de la transición del clima utilizaban la expresión “*cambio climático*” para describir las variaciones pasadas, presentes o futuras, tanto naturales como inducidas por el hombre, a escalas global, regional y local. A finales del siglo XX, los gobiernos del mundo industrializado empezaron a interesarse públicamente en el fenómeno del calentamiento del Planeta, al tiempo que en 1988, se creó el IPCC para canalizar los trabajos provenientes de miles de científicos que buscaban consensos internacionales. El IPCC produjo su primer detonante del CC, estableciéndose de esta manera el orden de prelación: el sobrecalentamiento de la Tierra es causa del cambio del clima.

El IPCC ha indicado que no hay duda alguna que los incrementos en la temperatura global del Planeta tienen su origen en actividades antropogénicas, particularmente en aquellas relacionadas con la combustión de los energéticos fósiles y con la deforestación, así como en aquellos procesos que consumen energía donde se emiten enormes cantidades de bióxido de carbono, uno de los principales GEI (Cárdenas, 2010).

El CC se considera un problema con características únicas, ya que es de naturaleza global, sus impactos mayores serán en el largo plazo e involucra interacciones complejas entre procesos naturales (fenómenos ecológicos y climáticos) y procesos sociales, económicos y políticos a escala mundial (Osnaya, 2004). Con la ratificación del Protocolo de Kyoto por parte de Rusia, los países industrializados del Mundo tienen el compromiso de realizar un esfuerzo vinculante multilateral en referencia al CC.

1.2.2.4. Evidencias de cambio climático en Oaxaca, México

El calentamiento del sistema climático es inequívoco, como evidencian ya los aumentos observados del promedio mundial de la temperatura del aire y del océano, el deshielo generalizado de nieves y hielos y el aumento del promedio mundial del nivel del mar (IPCC, 2007a).

Al valorar el incremento de la temperatura en el estado de Oaxaca se ha construido la **Figura 3** con 41 registros de temperaturas promedio anuales, apreciándose de los años 70 a los 90 un incremento gradual de la temperatura, no así a partir del años 90 donde puede observarse mayor incremento y variación térmica; además, según los registros de los últimos años este aumento de temperatura continuará.

Los promedios de temperatura mínima y máxima resultan de 15.71 °C y 31.50 °C para este periodo. A fin de realizar una comparación significativa de la dispersión térmica estatal se calcularon los coeficientes de variación (C_v) resultando los valores siguientes: 9.16%, 5.53% y 3.75%, para la temperatura mínima, media y máxima respectivamente; por tanto, existe mayor variación relativa para temperaturas mínimas (9.16%) y una menor variación relativa para temperaturas máximas (3.75%).

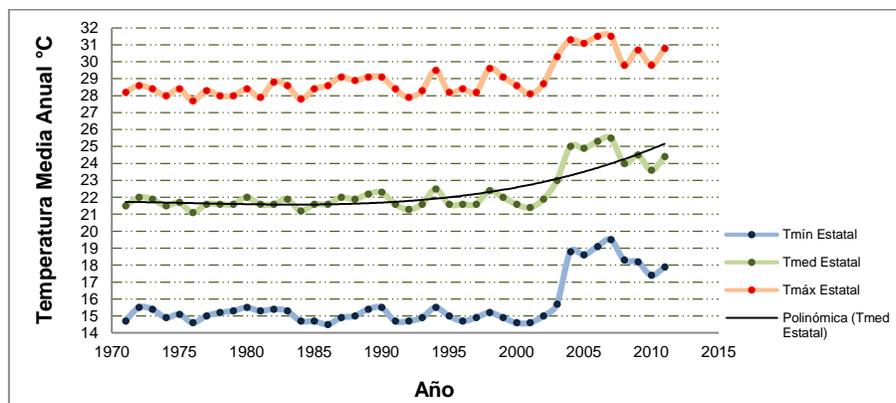


Figura 3 | Temperatura Media Anual en el Estado de Oaxaca: 1971–2011

Fuente: El autor con datos de temperaturas mensuales del SMN (2012a).

En el caso de la ZMO, el comportamiento de la temperatura anual a lo largo del periodo de 1930 a 2010, se representa en la **Figura 4**, con 57 registros térmicos. La temperatura mínima promedio tiene un valor de 13.13 °C, la media promedio resultó de 21.17 °C y la máxima promedio de 29.16 °C. La temperatura anual mínima se registró de 10.56 °C en 1939 y la máxima temperatura de 32.87 °C se midió en el año de 1998.

Al realizar una comparación significativa de la dispersión térmica en la ZMO se calcularon en este periodo los C_v teniendo valores de: 7.28%, 5.92% y 6.33%, para la

temperatura mínima, media y máxima respectivamente y, por lo tanto, existe en la zona mayor variación relativa para temperaturas extremas que para temperaturas medias.

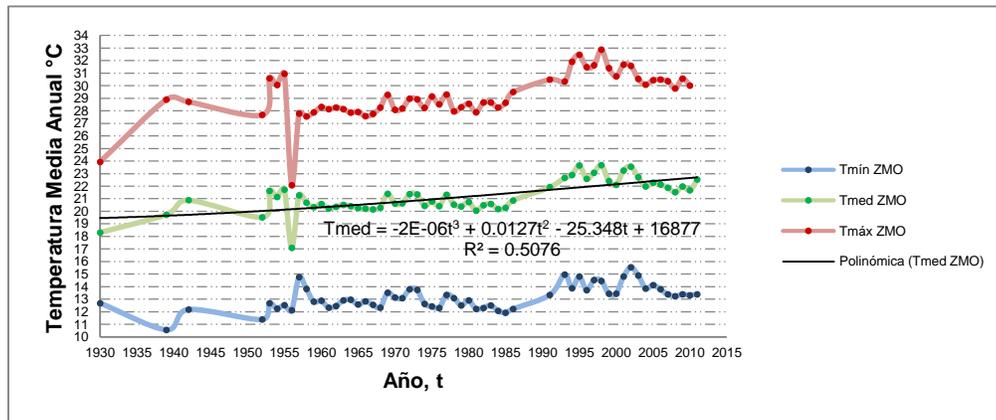


Figura 4 | Temperatura Media Anual en Zona Metropolitana de Oaxaca: 1930–2010

Fuente: El autor con datos de temperatura mensual de la CONAGUA (2012b).

A manera de relacionar los registros de temperatura se determina a través del **método de mínimos cuadrados** una ecuación de tercer grado de mejor ajuste y en donde el tiempo se identifica con t (año) y la variable temperatura media anual la representa el símbolo T_{med} ($^{\circ}\text{C}$), con ello se calcula que la temperatura aumentará en los próximos años teniendo un aumento de 2.2°C en 2040. Entonces: si la temperatura aumenta, aumentará el consumo de energía en la ZMO.

El análisis térmico por década de la ZMO puede apreciarse en la (Tabla 2), las décadas con menor y mayor temperatura son la de los años 30 y 90, respectivamente. El mes que ha sido más frío es enero y el más caluroso es abril y el más frío enero. Considerando como mínimo 30 años para analizar el CC local, se identifica un aumento de temperatura en la ZMO de 1.73°C respecto a la década de los años 70.

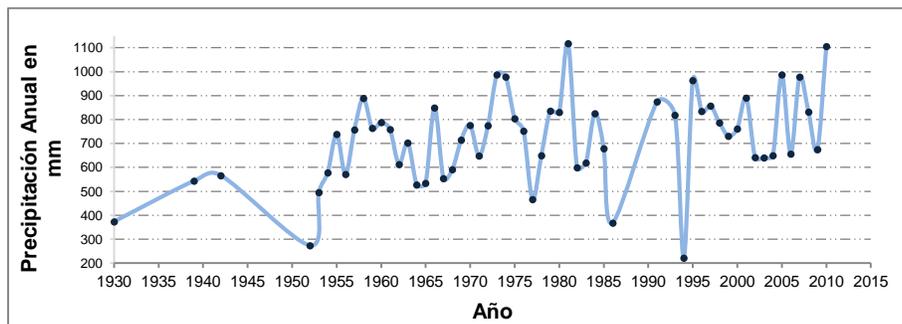
El comportamiento histórico de la precipitación anual en la ZMO durante el periodo 1930–2010 puede apreciarse en la Figura 5; donde, para las 57 precipitaciones anuales registradas en este periodo, se obtuvo una precipitación anual promedio de 715.78 mm correspondiendo según el INEGI a un clima semicálido subhúmedo.

Tabla 2 | Temperatura Mensual Media en la Zona Metropolitana de Oaxaca: 1930–2011

Década	Temperatura Mensual (°C)												Media (°C)	Desviación Estándar (°C)
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic		
Años 30 ^{as}	17.05	16.58	18.36	19.63	21.39	19.79	19.42	19.50	21.35	20.26	17.20	17.06	18.96	1.69
Años 40 ^{as}	16.80	20.63	21.32	23.50	23.86	22.45	21.06	21.35	20.68	19.65	18.28	15.73	20.44	2.49
Años 50 ^{as}	17.86	19.78	21.94	23.35	23.57	22.04	21.75	21.26	20.89	19.72	18.92	17.18	20.69	2.03
Años 60 ^{as}	17.85	19.15	21.31	22.67	23.04	22.03	20.79	20.88	20.76	20.06	18.67	18.02	20.44	1.73
Años 70 ^{as}	17.37	18.66	22.03	23.73	24.11	22.43	21.64	21.36	21.23	20.44	18.86	17.47	20.78	2.26
Años 80 ^{as}	18.84	21.15	23.01	23.31	22.12	20.94	21.03	20.64	20.37	18.74	17.63	20.45	20.69	1.69
Años 90 ^{as}	21.25	23.86	25.73	25.86	24.56	23.13	23.21	22.78	22.03	20.82	19.75	22.79	22.98	1.87
Años 2000	21.15	23.24	25.09	24.77	23.47	22.80	22.84	22.54	21.92	20.37	19.65	22.27	22.51	1.61
Media (°C)	18.52	20.38	22.35	23.35	23.27	21.95	21.47	21.29	21.15	20.01	18.62	18.87		
Desviación Estándar (°C)	1.77	2.40	2.32	1.81	1.05	1.09	1.20	1.04	0.59	0.64	0.90	2.62		

Fuente: El autor con datos de la climatología histórica de la CONAGUA (2012b).

También, se identifica la precipitación mínima registrada de 222.00 mm en 1994 y la máxima precipitación anual registrada se tiene para 1981 siendo de 1 118.20 mm; entonces, las precipitaciones extremas para este periodo se tienen en las últimas décadas. En cuanto a la variación de precipitaciones en este periodo se obtuvo una varianza de 34 875.58 u², una desviación estándar de 186.75 mm y un coeficiente de variación de 3.83 %; esto indica que en promedio la precipitación presenta menor variabilidad que la temperatura.

**Figura 5 | Precipitación Anual en Zona Metropolitana Oaxaca: 1930-2010**

Fuente: El autor con datos de precipitación pluvial mensual de la CONAGUA (2012b).

Otra variable climatológica es la evaporización anual. Según la base de datos del CONAGUA, se construye la **Figura 6** para el periodo 1930–2010, donde la evaporización media es de 1827.61 mm, la mínima 690.07 mm registro del año de 1986 y la máxima evaporización anual 2 254.27 mm se midió para el año 2003. Como medidas de dispersión se obtiene una varianza de 106 668.78 u², desviación estándar de 326.63 mm y un coeficiente de variación del 5.60%, valor que se ubica arriba de la variación en precipitación y por debajo de la variación térmica en la zona. En la última década se observa mayor evaporización anual. Con los resultados de la climatología histórica de la ZMO,

también se identifica que en valores absolutos existe cada año mayor cantidad de evaporización que precipitaciones.

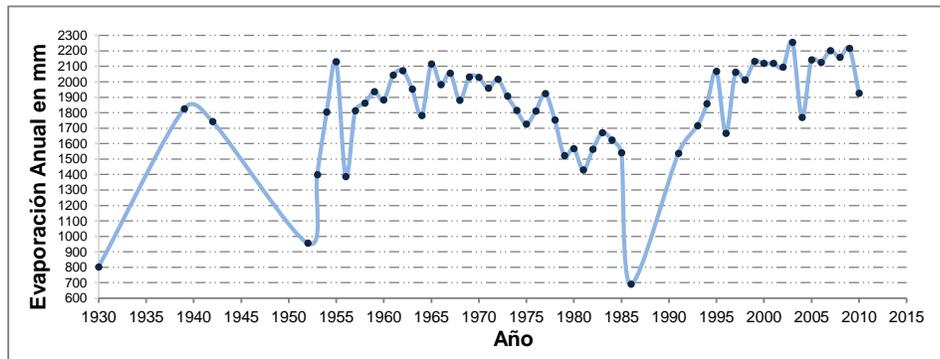


Figura 6 | Evaporización Anual en Zona Metropolitana Oaxaca: 1930-2010

Fuente: El autor con datos de evaporización mensual de la CONAGUA (2012b).

Los cambios anteriores se han traducido en amenazas hidroclimáticas en Oaxaca; la **Tabla 3** muestra los principales impactos ocurridos en las últimas décadas.

La variabilidad climática reciente, expresada en sequías, inundaciones o más huracanes intensos, requiere atención inmediata. De esta manera se ahorrarán vidas y pérdidas materiales en el corto plazo y se estará en mejores condiciones para enfrentarse al CC (UNAM, 2004a).

La información por estado presentada por el INE (2000b) identifica sectores vulnerables al CC en el estado de Oaxaca. En cuanto al agua, citando a INE-SEMARNAT, CNA y el Programa Hidráulico Regional 2002-2006⁷, se menciona que la entidad se encontrará con presión media (20–40 %) del recurso agua para 2025. Podría presentarse escasez o déficit de aguas superficiales para satisfacer crecientes demandas de distintos distritos de riego. En el caso de **centros urbanos**, citando a (Aguilar, 1995), se señala que los CC ocurrirán en un contexto de cambios no climáticos propios de regiones con crecimiento de población, mismos que pueden exacerbar el CC. Las condiciones de vulnerabilidad están dadas entonces por una alta concentración demográfica, procesos de

⁷ Región V Pacífico Sur, México

industrialización, incrementos de vehículos automotores e incremento de población con altos niveles de pobreza.

Tabla 3 | Principales Impactos de Origen Hidrometeorológico en Oaxaca, en las Últimas Décadas

Evento	Impacto	Fecha
Bridget	Entrada en el Pacífico, Cacban Michoacán. Vientos máximos de 85 km/h. Afectó directamente los estados de Oaxaca, Guerrero, Michoacán, Colima y Jalisco.	14 – 20 /jun/1971
Ciclón Dolores	Guerrero y Oaxaca: 18 decesos.	Jun 1974
Fifi	Entrada en el Atlántico. Vientos máximos de 85 km/h. Afectación directa: Chiapas, Oaxaca, Guerrero y Michoacán.	14 – 22 /sep/1974
Orlene	Entrada en el Pacífico, Laguna Monroy Oaxaca (vientos máximos de 55 km/h) y la Cruz Sinaloa (vientos máximos de 150 km/h). Afectación directa: Oaxaca, Guerrero, Sinaloa y Durango y Chihuahua.	21 – 24 /sep/1974
Hermine	Entrada en el Atlántico: Sacxan (Quintana Roo) y Catemaco (Veracruz). Afectación directa: Quintana Roo (vientos máximos de 100 km/h), Campeche, Veracruz (vientos máximos de 110 km/h) y Oaxaca.	20 – 26 /sep/1980
DT 5E	Entrada en el Pacífico en la Ciudad de Pinotepa Nacional, Oaxaca. Vientos máximos de 55 km/h. Afectación directa: Oaxaca, Chiapas y Tabasco.	29/jun/1991
Beatriz	Entrada en el Pacífico en la Ciudad de Pinotepa Nacional, Oaxaca. Vientos máximos de 100 km/h. Afectación directa: Oaxaca, Chiapas y Tabasco.	18 – 20 /jun/1993
Cristina	Entrada en el Pacífico (Huatulco, Oaxaca); afectación directa: Oaxaca, Guerrero y Chiapas. Su mayor impacto: el 3 de julio de 1996. Vientos máximos de 110 km/h.	1 – 4 /jul/1996
Rick	En el Pacífico: Puerto Escondido, Oaxaca. Vientos máximos de 140 km/h. Afectación directa: Chiapas y Guerrero. Impacto 9 de noviembre.	7 – 10 /nov/1997
Huracán Paulina	Entrada en el Pacífico (Puerto Ángel). En Oaxaca 400 víctimas, más de 5000 damnificados, más de 120,000 ha de cultivos dañados y 80,000 ha de bosques y selvas perdidos, inundaciones y daños en la infraestructura carretera.	6-10/oct/1997
Olaf	Entrada en el Pacífico Bocabarra, Oaxaca. Vientos máximos en Oaxaca de 85 km/h. Afectación directa: Oaxaca (28/sep), Chiapas y Colima (vientos máximos de 45 km/h 12/octubre/1997).	28/sep/1997 – 12/oct/1997
Bajas Temperaturas	Afectó a todos los estados de México, a nivel nacional se registraron: 241 muertos y numerosos casos de infecciones respiratorias. En el norte del país se presentaron cuantiosos daños, en Sonora se perdieron 17 000 ha en los Valles del Yaqui y El Mayo.	1998
Huracán Carlota	Vientos de 90 km/h y rachas de 110 km/h.	18/jun/2000.
Tormenta Tropical Rosa	En el Pacífico (Puerto Ángel, Oaxaca). Vientos de 90 km/h y rachas de 110 km/h. La nubosidad cubrió un radio de 150 km.	5/nov/2000.
Huracán Iris	23 muertos, 2 100 damnificados, 884 viviendas, 2 escuelas dañadas y 240 ha de cultivo dañadas.	7/oct/2001.
Lluvias e inundaciones	Se afectaron Oaxaca, Chiapas, Michoacán, Jalisco, Guanajuato, Zacatecas, Nayarit y Veracruz. En total: 614 000 personas afectadas, 83 463 viviendas y 200 000 ha agrícolas dañadas y daños en infraestructura. Costo total de 3,637.5 millones de pesos.	2003
Incendios forestales	4 muertos, 6 personas afectadas, 3 849 ha de cultivo dañada y/o pastizales.	2003
Ciclón Tropical Carlos	En el Pacífico a 15 km al NE, Pinotepa Nacional, Oaxaca. Con vientos máximos de 95 km/h. Impacto 27 de junio. Afectó también el estado de Guerrero.	25 – 27 /jun/2003
Incendios forestales	2 841 ha dañadas de cultivo y/o pastizales.	2004
Huracán Stan (+ costoso)	5 muertos, 37 405 personas afectadas, 7 481 viviendas dañadas, 441 escuelas, 32 155 ha de cultivo y/o pastizales dañadas, 7 796.9 km de caminos afectados. Costos totales: 1 757 millones de pesos. Afecto directamente además, a Quintana Roo (vientos de 75 km/h), Yucatán, Veracruz (vientos de 130 km/h), Campeche y Chiapas.	1 – 5 /oct/2005.

Granizada	8 muertos, 5 000 personas afectadas, 800 viviendas dañadas, 83 escuelas, 331.8 de áreas de cultivo y/o pastizales dañados. Costos totales: 35.4 millones de pesos.	4/may/2005
Fuertes lluvias	4 200 personas afectadas, 800 viviendas dañadas, 2 puentes dañados. Costos totales: 9.8 millones de pesos.	2005
Incendios forestales	30 938 ha de cultivo y/o pastizales dañados.	2005
Sequía	53 818 ha de cultivos afectadas. Costos totales: 24.6 millones de pesos.	2005
Ciclón Tropical DT 11E	En el Pacífico a 35 km de Salina Cruz, Oaxaca. Afectó también a Veracruz. Vientos máximos de 55 km/h.	3 – 4 /sep/2010
Ciclón Tropical DT 12E	En el Pacífico: a 10 km al oeste de Chahuities, Oaxaca, 1 día de impacto y vientos máximos de 55 km/h.	12/oct/2011
Ciclón Tropical Harvey	En el Atlántico: a 42 km al E-SE de Villahermosa, afectó a Chiapas, Tabasco, Veracruz y Oaxaca. Vientos máximos de 55 km/h.	18 – 22 /ago/2011
Huracán Carlotta	Entrada Pacífico, a 20 km de Puerto Escondido, Oaxaca. Estados afectados: Guerrero y Oaxaca. En Oaxaca: daños y pérdidas 2666.2 millones de pesos (1.2% del PIB estatal). En Puerto Escondido: Rachas de 205 km/h; caída de postes de luz, interrupción eléctrica, caída de árboles y casas afectadas en sus techumbres, afectó un mercado de P/E. Playas cercanas a Puerto Ángel presentaron la pérdida del 80 y 90% de palapas y negocios. Hubo derrumbe de árboles frutales, papayos y plátano, además de la pérdida de cacao, café y cacahuete.	14 – 16 /jun/2012
Huracán Ernesto (+ costoso)	Entrada: Atlántico, Majahual, Quintana Roo (10 km de Coatzacoalcos, Veracruz). Estados afectados: Quintana Roo, Campeche, Chiapas, Veracruz, Guerrero y Oaxaca. En Oaxaca: daños y pérdidas 1135.5 millones de pesos (0.5% del PIB estatal). Lluvias de 344 mm en 24 h en Jacatepec, Oax. Daños y pérdidas en Oaxaca por 1135.4 millones de pesos.	1 – 10 /ago/2012
Huracán Bárbara	Pacífico, rachas de 90km/h. Causó muerte de 3 personas: un joven de 27años (río de Pinotepa Nacional), un estadounidense (Playa Azul, Salina Cruz), un campesino de 61 años (municipio de Santa Cruz Zenzontepec, Sierra Sur). Afectó cerca de 2 mil familias.	29 – 31 /may/2013
Tormenta Tropical Lorena	2 casas derrumbadas, 150 casas dañadas, 50 negocios dañados y 100 damnificados por desbordamiento del río Solteco, en el municipio de Sola de Vega.	5 – 7 /sep/2013
Tormenta Tropical Manuel y Huracán Ingrid	En el Pacífico Tormenta Tropical Manuel y en el Atlántico Huracán Ingrid. Sector Energía Eléctrica: fallas en 115 poblaciones, de 52 municipios, dejando sin energía eléctrica a 17,230 usuarios (principalmente en la ZMO, Huatulco, Huajuapán y Tehuantepec). Sector campo: A consecuencia del desbordamiento del Río Verde, hubo daños importantes en zonas de cultivo en Jamiltepec, Huaxpaltepec y Pinotepa Nacional (CIEDD, 2013).	12 – 17 /sep/2013
Lluvias	Municipios en que se registraron defunciones a causa de lluvias en 2013: 2 en Santiago Pinotepa Nacional; 2 en Matías Romero Avendaño; 1 en Santo Domingo Tehuantepec; 1 en San Juan Bautista Tuxtepec; 1 en Miahuatlán de Porfirio Díaz y 2 en Oaxaca de Juárez.	Ene – sep / 2013
Depresión Tropical y Tormenta Tropical Trudy	En el pacífico DT (Golfo de Tehuantepec) y declaratorias de desastres en 133 municipios de Oaxaca, entre otros: Santiago Pinotepa Nacional (3): 1 inundación, San Pedro Mixtepec Distrito 22 (2): 1 defunción, Santa María Huatulco (2): 1 defunción, Ciudad Ixtepec (1), Heroica Ciudad de Juchitán de Zaragoza (1), Salina Cruz (1), Matías Romero Avendaño (1), Santo Domingo Tehuantepec (1), San Blas Atempa (1), Miahuatlán de Porfirio Díaz (1): 1 defunción, Oaxaca de Juárez: 2 defunciones.	Ene – Dic/2014
Huracán Marty	En el Pacífico, huracán categoría 1 (escala Saffir-Simpson), lluvias muy fuertes (50 a 75 mm) en Oaxaca, Guerrero, Michoacán, Jalisco.	Junio/2015
Huracán Blanca	En el Pacífico, huracán categoría 4 (escala Saffir-Simpson), lluvias muy fuertes (50 a 75 mm) en Oaxaca, Guerrero, Michoacán, Jalisco.	Octubre/2015

Fuente: CENAPRED, INE (2000b), CONAGUA (2011a), CIEDD y SINAPROC.

En Oaxaca, la deforestación en las partes altas del Estado ha disminuido la captura de agua, lo mismo que la creciente demanda de agua de las ciudades. En años recientes, la agricultura de riego por bombeo de agua ha incrementado, disminuyendo los mantos freáticos. En el futuro citando a (Liverman, 1995) la competencia por el agua se incrementará si no se regula el uso del líquido. Los climas secos cálidos y semicálidos incrementaran su superficie cubriendo áreas como el centro del estado, esto citando a (Villers & Trejo, 1995). En el sector salud (INE, 2006a) se menciona que los efectos del incremento de temperatura tienen relación con el número de casos de dengue. El paludismo afecta principalmente las localidades rurales de difícil acceso.

1.2.2.5. Impacto del cambio climático en el desarrollo regional

Los impactos de un clima anómalo o extremo en diversos sectores de la actividad humana son los que ha llevado a la sociedad, incluyendo a sus instituciones de gobierno, a interesarse en el tema del CC. Las agendas de las Naciones incluyen un componente dedicado al análisis de los potenciales impactos del CC, de la vulnerabilidad de las regiones a condiciones extremas en el clima, así como de las potenciales medidas de adaptación ante tales cambios.

El desarrollo se concibe como el proceso generador de riqueza económica y bienestar para la sociedad. Una manifestación del mismo es el desarrollo sustentable (D^S), el cual es el logro del bienestar social con base en el equilibrio entre la sociedad, la economía y sus recursos naturales, cuya conceptualización más popularizada se define como “aquel que satisface las necesidades del presente sin comprometer las necesidades de las futuras generaciones” (CMMAD⁸).

El D^S se considera como un proceso de cambio continuo, en lugar de un estado de armonía fijo, en el cual la utilización de los recursos, la orientación de la evolución tecnológica y la modificación de las instituciones, concuerdan con el potencial actual y futuro

⁸ CMMAD: Comisión Mundial del Medio Ambiente y el Desarrollo.

de las necesidades humanas. Los procesos productivos destinados a satisfacer las necesidades de la actual generación se basan, genéricamente, en la transformación de materia y energía que resultan ser las integrantes fundamentales de los procesos termodinámicos.

La vinculación del desarrollo y el CC posee un impacto en los recursos naturales y el bienestar social, y se convierte en una prioridad nacional para lograr los niveles de producción de riqueza requeridos con la finalidad de incrementar el nivel de vida de la población, lo cual entre otros aspectos, se refleja como un costo ambiental.

Se espera que una de las repercusiones inmediatas del CC se manifieste en el ciclo hidrológico de las regiones, alterando el acceso al agua. Esta es un elemento clave del D^S, indispensable en sus aspectos sociales, económicos y ambientales. El agua es un bien social y económico que debe distribuirse en primer lugar para satisfacer necesidades humanas básicas: el acceso al agua potable y al saneamiento constituye un derecho humano. La seguridad del abastecimiento del agua es un aspecto clave de la reducción de la pobreza.

El CC es uno de los factores que representa un serio problema y que pone en entredicho el D^S en México, y que, en el futuro de manera particular afectará el recurso natural agua con su impacto en el bienestar social (Miguel Velasco, 2012), no se considera como problema que sólo competa a países desarrollados. En los últimos años de análisis, discusiones y negociaciones nos muestra con claridad el estrecho vínculo entre CC y D^S. Es tarea de países como México, identificar las múltiples oportunidades que representa la participación en el Mecanismo de Desarrollo Limpio del Protocolo, pero, sobre todo, instrumentar en el corto plazo aquellas acciones de política que, simultáneamente, nos brinden beneficios en la mejoría de la calidad de vida de los habitantes a la vez que contribuimos reduciendo nuestras emisiones de GEI.

El supuesto inicial de la presente investigación es que todas las ciudades de México, y de Oaxaca son sensibles al CC y el conjunto de eventos ambientales, meteorológicos y geológicos que el CC desarrolla en las regiones naturales tienden a afectar los niveles de

desarrollo, bienestar y calidad de vida de la población de las CdO. Estos efectos tienden a reflejarse en: 1) reducción de sus niveles de desarrollo y bienestar; 2) deterioro temporal o permanentemente de su desarrollo logrado, retrasando su bienestar actual a niveles del pasado debido a la destrucción y cambios desfavorables que conlleva y 3) aumento de las desigualdades y desequilibrios regionales.

Dado que el presente estudio analiza la interacción del **cambio climático** y el **desarrollo urbano sustentable** (CC–DUS) con la finalidad de dilucidar el impacto en el bienestar en las ciudades del estado de Oaxaca, México, las preguntas que se plantearon en el análisis respectivo son:

- ¿Cómo el cambio climático **afecta** al desarrollo urbano sustentable de las ciudades en Oaxaca?
- ¿En qué medida el desarrollo urbano de las ciudades en Oaxaca **contribuye** al cambio climático?
- ¿Qué nivel de esfuerzo social y político en materia de cambio climático se presenta en Oaxaca? ¿Qué respuestas adicionales pueden dar las ciudades en Oaxaca?
- ¿Cuál es el comportamiento del desarrollo urbano sustentable en sus dimensiones social, ambiental y económica de las ciudades en Oaxaca?

1.3. Importancia Teórico–Práctica del estudio del Cambio Climático

A través de la investigación científica puede fortalecerse la habilidad para guiar las interacciones entre la Naturaleza y la sociedad hacia trayectorias sustentables, al mismo tiempo que se promueve el aprendizaje social necesario para transitar hacia ello. Parte de este proceso es el conocimiento de que tan sustentables son las ciudades dado que, entre más información exista acerca de los problemas que aquejan a los medios social, económico y ambiental, mejores medidas se pueden tomar para solucionarlos. El análisis del texto aporta elementos teóricos, metodológicos y prácticos para valorar la problemática de la vinculación CC–DUS en las ciudades del estado de Oaxaca, México.

El DUS es un fenómeno complejo que refleja la evolución de los individuos, la sociedad, las estructuras económicas y los sistemas ambientales en que se desenvuelve, los cuales exigen un enfoque integral, donde el factor decisivo es el ser humano, cuya dirección de sus acciones e intervenciones tienen que estar orientadas a la elevación de su bienestar. En el contexto regional es necesario integrar el concepto de sustentabilidad en el proceso de diseño, adopción y difusión de los sistemas productivos y en las estrategias de manejo de los recursos naturales sujetos al CC (Miguel Velasco, 2012).

La **Ley General de Cambio Climático** que explicita y extiende las responsabilidades de los tres órdenes de gobierno en materia de adaptación y mitigación; establece deberes y mecanismos que responsabilizan a los emisores de gases termoactivos de toda la sociedad y consolida y crea el aparato administrativo y financiero para el avance nacional en la prevención y el control del problema climático. El Título Tercero, Artículo 13 menciona al INECC como un organismo público descentralizado de la administración pública federal, con personalidad jurídica, patrimonio propio y autonomía de gestión, sectorizado a la SEMARNAT, de conformidad con las disposiciones de la Ley Federal de Entidades Paraestatales.

Requiriéndose, para tal fin, metodologías de evaluación que muestren explícitamente las ventajas y las desventajas ambientales, sociales, económicas y culturales de las diferentes estrategias y sistemas de manejo, integrándolas en un marco común. Por ejemplo, en el desarrollo de metodologías que cuantifiquen y evalúen la sustentabilidad a través de consideraciones teórico-conceptuales, experimentación y representación de modelos, y que más adelante apoyen el diseño de políticas públicas en este campo de conocimiento (Miguel Velasco, 2012).

El proceso de metropolización que vive el país no ha estado acompañado de un marco normativo apropiado que permita el diseño y la aplicación de instrumentos de planeación metropolitana eficaces. Las reformas de 1983 al Artículo 115 Constitucional fortalecieron las facultades municipales para la creación de reservas territoriales, el control y la planeación del desarrollo urbano; además de facultarlos para asociarse a fin de lograr una más eficaz

prestación de los servicios públicos. Así mismo, la Ley General de Asentamientos Humanos consigna en su Artículo 12 a los programas de ordenación de zonas conurbadas como uno de los instrumentos de planeación.

La realidad metropolitana y de ciudades que vive el país demanda una intervención y acompañamiento mutuo de las autoridades federales, estatales y municipales en un marco de coordinación y concurrencia en sectores como el desarrollo urbano, la adquisición de reservas territoriales, el aprovechamiento del suelo intraurbano, el ordenamiento territorial, el ordenamiento ecológico, la identificación de riesgos y el financiamiento para la vivienda.

En este contexto, la planeación, coordinación y administración metropolitana y de ciudades son instrumentos clave no sólo para incidir positivamente en el patrón de organización espacial, en el ordenamiento del territorio y en la sustentabilidad de estos centros difusores del desarrollo, sino para hacer de las ciudades zonas competitivas.

Ante los nuevos retos que enmarcan los procesos del DUS, las ciudades deben estar preparadas para alcanzar altos niveles de competitividad con los productos y servicios que ofrezca a sus habitantes y visitantes. Diversos programas de gobierno en sus tres niveles incluyen adaptación al CC para preparar al país para tal fin (**Tabla 4**).

El DUS responde a la problemática de un entorno en el cual México tiene sed y muchas de sus regiones ya son zonas de desertificación en estudios de prospectiva nacionales e internacionales. La solución no está solamente en el Gobierno, sino de toda la sociedad a partir de soluciones locales.

La dinámica del desarrollo ha afectado los recursos naturales que lo hacen posible, ocasionando un problema que encierra la necesidad de comprender la situación ambiental y sus vínculos con la economía, los procesos sociales, los recursos naturales y los procesos de desarrollo, acelerados por el CC que actualmente afecta las regiones del país (Miguel Velasco, 2012).

Como ha sido señalado, el análisis de este texto pretende ser un instrumento al elaborar políticas públicas enfocadas a resolver la problemática derivada de la relación del cambio climático con el desarrollo urbano sustentable de las ciudades en Oaxaca.

Tabla 4 | Programas de Gobierno Federal que incluyen adaptación al Cambio Climático

Acciones	Objetivo	Responsable	Periodo
Programa Especial de Cambio Climático (PECC)	Realizar acciones específicas que reduzcan la vulnerabilidad, actividades de evaluación de la vulnerabilidad del país y de valoración económica de las medidas prioritarias, y mejoras en la información, políticas y estrategias de desarrollo.	Gobierno Federal	2009 – 2012
Programas Sectoriales	Definir metas y acciones de las secretarías de Estado en materia de cambio climático.	Gobierno Federal y secretarías de Estado	2007-2012
Programa Nacional de Estadística y Geografía (PNEG)	Producir información que permita el mejor conocimiento del territorio y de la realidad económica, social y del medio ambiente del país.	INEGI	2010-2012
Programa Anual de Estadística y Geografía (PAEG)	Generar el marco conceptual para la integración de información sobre cambio climático. Promover entre los integrantes del sistema nacional de información estadística y geográfica la formulación de propuestas de indicadores sobre cambio climático.	INEGI	2011
Programa Estatal de Acción ante el Cambio Climático (PEACC)	Crear instrumentos de apoyo para el diseño de políticas públicas sustentables y acciones relacionadas en materia de cambio climático.	Gobiernos de los Estados e INE (8 concluidos al 2012 y 24 en desarrollo)	2008-2013
Plan de Acción Climática Municipal (PACMUN)	Crear capacidades entre los tomadores de decisiones de los municipios sobre cambio climático y sus impactos, así como promover políticas públicas a nivel local.	Gobiernos Locales: 9 municipios piloto en el 2011, 50 municipios en la 1ª etapa del 2012 y más de 200 municipios en la etapa 2012-2013	2011-2013

Fuente: Tomado del documento de la Quinta CMNUCC (SEMARNAT, 2012a).

1.4. Delimitación Teórica–Metodológica del Análisis del Cambio Climático

El área de estudio lo constituyen 14 ciudades (**Figura 7**); comprendidas en 37 municipios del estado de Oaxaca y que en el censo del 2010 registraron más de 15 000 hab⁹ (**Tabla 5**); este tamaño demográfico presenta regularidad de las características urbanas,

⁹ El tamaño de población de 15 mil y más habitantes, para definir una localidad urbana fue determinado por Unikel, Garza y Ruiz en 1974.

tales como concentración de actividades no rurales, de servicios e infraestructura, en todo el país (INEGI-INE, 2000).

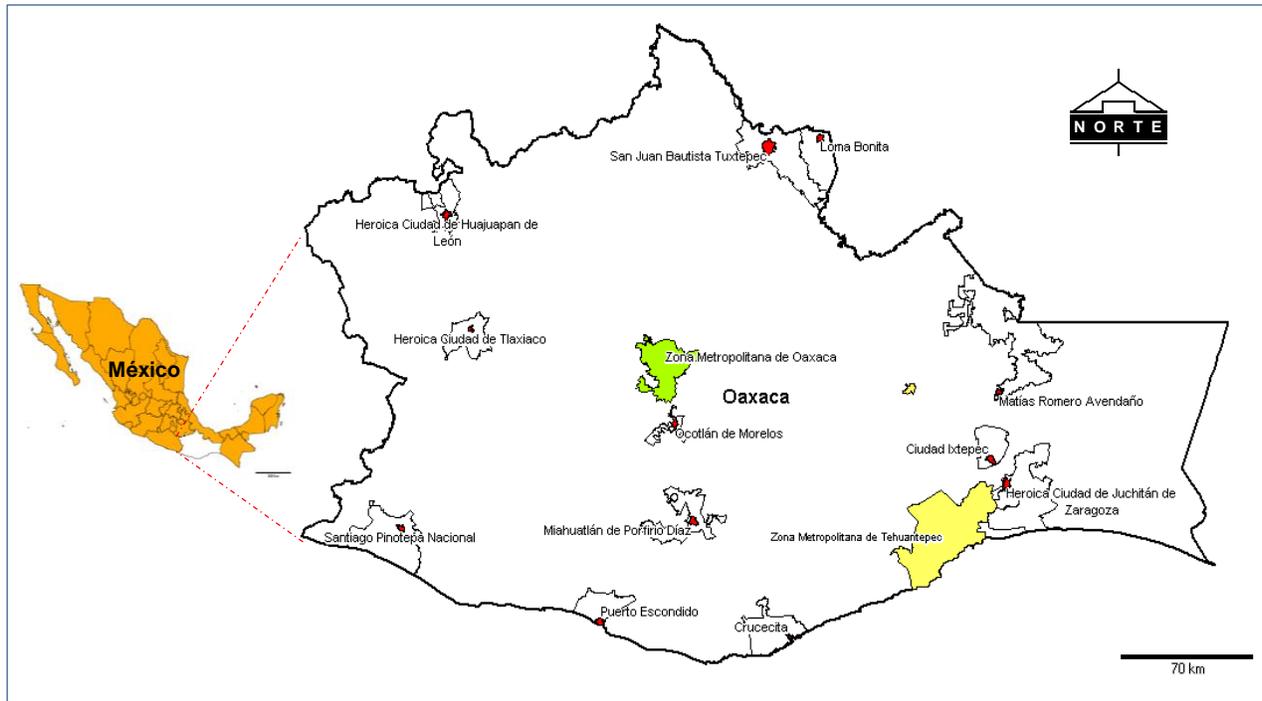


Figura 7 | Ciudades en Oaxaca: Ubicación Geográfica

Fuente: El autor a partir del Marco Geoestadístico Nacional del INEGI (2013a).

La ZMO corresponde al área metropolitana formada por la ciudad de Oaxaca de Juárez, su municipio homónimo y 21 municipios más en el estado de Oaxaca (Figura 8). En esta delimitación la ZMO, queda definida por 19 *municipios centrales* con “*conurbación física*” y 3 *municipios exteriores* “*distancia, integración funcional y carácter urbano*” definidos.

Por otra parte, la ZMT la conforman tres municipios del estado de Oaxaca; de los cuales dos municipios son centrales de “*conurbación física*” (San Blas Atempa y Santo Domingo Tehuantepec) y un municipio exterior con el criterio “*planeación y política urbana*” (Salina Cruz) conforma también la zona (Figura 9).

Tabla 5 | Ciudades en Oaxaca, México: Ubicación Geográfica y Categoría Política

Ciudad	Coordenadas Geográficas			Categoría Política	Referencia
	Latitud Norte	Longitud Oeste	Altitud msnm		
Ciudad Ixtepec	16°33'46"	95°06'00"	61	Ciudad	Decreto No. 57 del 16 de abril de 1935.
Heroica Ciudad de Huajuapán de León	17°48'14"	97°46'33"	1,584	Ciudad	Desde el año 1900 presenta esta categoría.
Heroica Ciudad de Juchitán de Zaragoza	16°26'00"	95°01'10"	20	Ciudad	Desde el año 1900 presenta esta categoría.
Loma Bonita	18°06'25"	95°52'50"	30	Ciudad	Decreto No. 154 del 15 de diciembre de 1967.
Matías Romero Avendaño	16°52'20"	95°02'30"	198	Ciudad	Decreto No. 200 del 21 de abril de 1950.
Miahuatlán de Porfirio Díaz	16°19'42"	96°35'46"	1,558	Ciudad	Desde el año 1900 presenta esta categoría.
Ocotlán de Morelos	16°47'29"	96°40'30"	1,513	Ciudad	Decreto Sin No. del 24 de mayo de 1926.
San Juan Bautista Tuxtepec	18°05'10"	96°07'26"	20	Ciudad	Decreto No. 698 del 25 de abril de 1928.
Puerto Escondido	15°51'43"	97°04'18"	65	Ciudad	Decreto No. 1350 del 15 de agosto de 2009.
Heroica Ciudad de Tlaxiaco	17°16'10"	97°40'45"	2,063	Ciudad	Desde el año 1900 presenta esta categoría.
Crucecita	15°46'08"	96°08'06"	35	Ciudad	Definición propia según población (2010).
Santiago Pinotepa Nacional	16°20'17"	98°03'01"	199	Ciudad	Decreto No. 162 del 9 de mayo de 1986.
Zona Metropolitana de Oaxaca	17°04'04"	96°43'12"	1,557	Zona Metropolitana	(SEDESOL-CONAPO-INEGI 2004)
Zona Metropolitana de Tehuantepec	16°19'28"	95°14'20"	50	Zona Metropolitana	(SEDESOL-CONAPO-INEGI 2007)

Fuente: El autor con información de archivos históricos del INEGI (2005b).

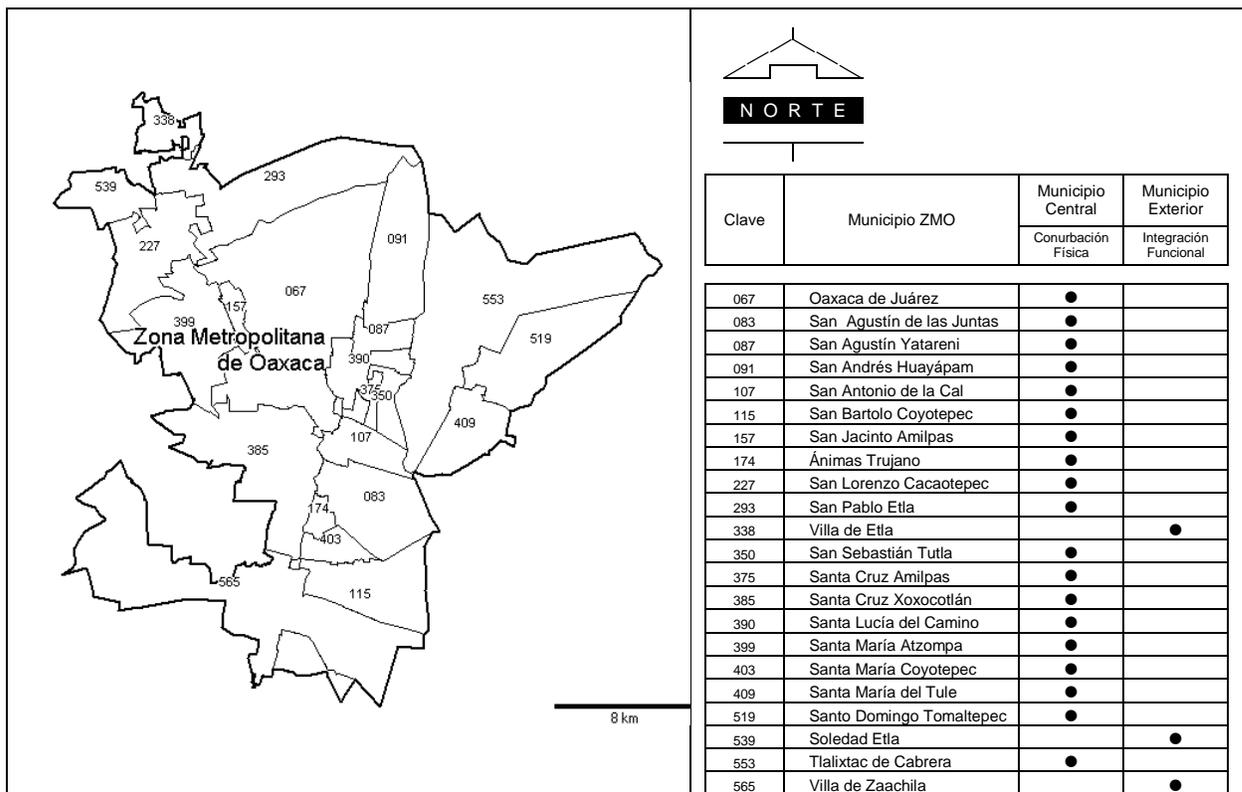


Figura 8 | Zona Metropolitana de Oaxaca y su Integración Municipal

Fuente: El autor con base a la delimitación metropolitana nacional establecida por la SEDESOL, la CONAPO y el INEGI (2012) y al Marco Geoestadístico Nacional (INEGI, 2013a).

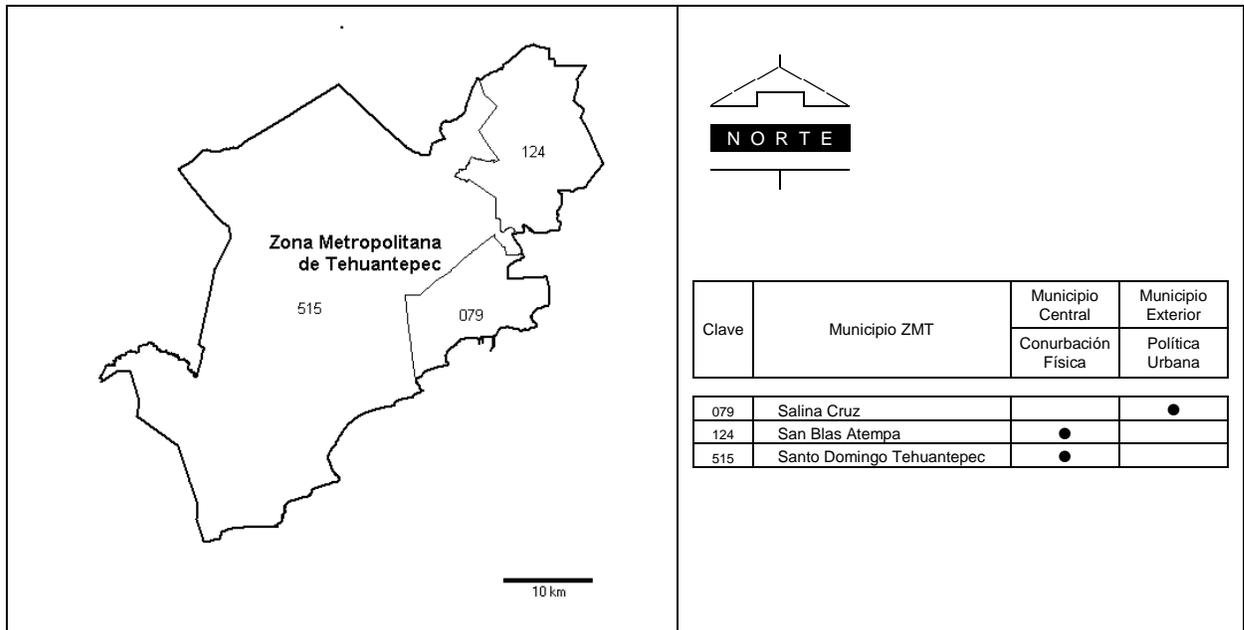


Figura 9 | Zona Metropolitana de Tehuantepec: Integración Municipal

Fuente: El autor con base a la delimitación metropolitana nacional establecida por la SEDESOL, la CONAPO y el INEGI (2012) y al Marco Geoestadístico Nacional (INEGI, 2013a).

El **objetivo general** es analizar la relación entre el cambio climático y el desarrollo urbano sustentable de las ciudades en Oaxaca, durante el periodo 2000 – 2015.

Los **objetivos específicos** son:

- Formular un marco teórico que permita analizar el comportamiento del desarrollo urbano sustentable y del cambio climático de las ciudades en Oaxaca.
- Sustentar una metodología que permita valorar los niveles de desarrollo urbano sustentable y de cambio climático de las ciudades en Oaxaca durante el periodo 2000 – 2015.
- Comparar el grado de desarrollo urbano sustentable y su situación de cambio climático entre las ciudades en Oaxaca del periodo 2000 – 2015.
- Comparar el grado de contribución al cambio climático de las ciudades en Oaxaca durante el periodo 2000 – 2015.
- Comparar el grado de respuesta para la manifestación del cambio climático entre las ciudades en Oaxaca durante el periodo 2000 – 2015.

Por otro lado, se parte del supuesto que el comportamiento del cambio climático tiende a afectar los niveles de desarrollo urbano sustentable de las ciudades en Oaxaca, incidiendo concretamente en la disminución o dificultando la sustentabilidad de las mismas (hipótesis A); que la mayor presión ambiental urbana la generan las zonas metropolitanas, contribuyendo con ello a un rápido cambio en el clima (hipótesis B) y que la manifestación de cambio climático mantenga una variación significativa en el área de estudio (hipótesis C). En forma específica se describen a continuación las hipótesis consideradas.

Se proponen las siguientes hipótesis de trabajo para el análisis:

Hipótesis A

Se espera que durante el periodo 2000–2015, el desarrollo urbano sustentable de las ciudades en Oaxaca haya disminuido a consecuencia de la manifestación del cambio climático en las mismas, como la reducción en la dotación de agua para las actividades humanas.

- Hipótesis nula o efecto cero (H_0):

$H_0: \rho \geq 0$ Y la correlación en la población (ρ) de las variables cambio climático (I_{CC}) y desarrollo urbano sustentable (I_{DUS}) es cero o positiva; es decir, existe relación cero o directamente proporcional entre las variables analizadas.

- Hipótesis alternativa o de investigación (H_A):

$H_A: \rho < 0$ Y la correlación en la población (ρ) de las variables cambio climático (I_{CC}) y desarrollo urbano sustentable (I_{DUS}) es menor a cero; es decir, el desarrollo urbano sustentable disminuye a consecuencia de la manifestación del cambio climático.

Hipótesis B

De las 14 ciudades seleccionadas, se espera que en Oaxaca sus zonas metropolitanas estén ocasionando la mayor contribución al cambio climático, porque emiten mayor cantidad de gases de efecto invernadero, generan la mayor cantidad de desechos sólidos y demandan más volumen de agua.

- Hipótesis nula o efecto cero (H_0):

$H_0: I_{pCCZM} = I_{pCCCd}$ Y en Oaxaca, no existe diferencia en la contribución al cambio climático entre las zonas metropolitanas y las ciudades con población mayor a 15 000 habitantes.

- Hipótesis alternativa o de investigación (H_B):

$H_B: I_{pCCZM} > I_{pCCCd}$ Y en Oaxaca, las zonas metropolitanas están ocasionando mayor contribución al cambio climático que el resto de ciudades con más de 15000 habitantes.

Hipótesis C

Para las ciudades en Oaxaca, se espera un comportamiento y manifestación inestable en el cambio climático mayor del 5%; esto, debido a las altas variaciones en precipitación pluvial que se traducen en impactos hidrometeorológicos; variaciones térmicas que afectan el bienestar social y a una mínima respuesta urbana al cambio climático. Siendo la respuesta urbana al cambio climático decisiva para atenuar efectos sociales, económicos y ambientales.

- Hipótesis nula o efecto cero (H_0):

$H_0: \sigma_{I_{CC}} = 0.05$ Y en las ciudades en Oaxaca, la variación del cambio climático se mantiene en un valor hasta de 5%.

- Hipótesis Alternativa o de Investigación (H_C):

$H_C: \sigma_{I_{CC}} > 0.05$ Y en Oaxaca, la variación en la presión ambiental urbana, el estado de cambio climático y respuesta urbana al mismo supera el 5%.

1.5. La Vinculación del Cambio Climático y el Desarrollo Sustentable como esencia de la Problemática del Desarrollo de Regiones

La esencia de la sustentabilidad es un antiguo principio de la cultura humana y del comportamiento de los animales. Al incorporar este principio en estudios ambiental y de desarrollo en una \mathcal{R} , ZM o Cd, la ocupación es lograr un equilibrio social, ambiental y

económico; entonces, el reto es definir sus **límites sustentables** y hacer posible que no se sobrepasen, a manera de evitar una decadencia regional.

Durante los últimos años se han acumulado mayores criterios y principios comunes en la preservación ambiental, existiendo mayores evidencias y consensos sobre el fenómeno del CC y sus consecuencias. La comunidad internacional ha renovado sus inquietudes al respecto y ha ampliado los esfuerzos por lograr compromisos y acuerdos que permitan hacer frente de manera efectiva a las causas y consecuencias de una mayor concentración de GEI en nuestra atmósfera. Comprendiendo como CC la variación en el clima a través del tiempo, tanto por razones naturales como por actividades antropogénicas; mientras que, como calentamiento global, la manifestación más evidente de CC que se refiere al incremento de las temperaturas promedio globales terrestres y marinas.

La presión que ejercen las poblaciones urbanas en términos de demanda de energía y uso de recursos vitales como el agua, se manifiesta de manera diferenciada para mantener y acrecentar el conjunto de satisfactores del que gozan sus habitantes, generalmente a costa del deterioro y uso exhaustivo de los recursos naturales, sin prever las consecuencias ambientales, económicas y sociales. Como resultado de la urbanización se tiene el CC, al afectar la humedad que puede ser retenida por el suelo. En este sentido, se plantea analizar dos ZM y doce Cd¹⁰, comprendidas en 37 municipios del estado de Oaxaca, cuya población se ha incrementado y en la última década contienen más del 30% de la población estatal.

El clima está siempre cambiando la diferencia es que en los últimos tiempos están ocurriendo cambios rápidamente por la acumulación en la atmósfera de GEI, emitidos por actividades antropogénicas. El análisis preliminar de cambio en la temperatura en la ZMO de 1930 a 2011, indica que las décadas con menor y mayor temperatura fueron la de los años 30 y 90, respectivamente; como mes más frío resultó enero y como el más caluroso abril; además, la temperatura aumentó en la zona 1.73 °C respecto a la década de los años 70.

¹⁰ La inclusión de estas ciudades es que registraron en 2010 más de 15,000 habitantes, cuyo tamaño demográfico de acuerdo al INEGI e INE ya se presenta una regularidad en las características urbanas, tales como concentración de actividades no rurales, de servicios e infraestructura.

También, se identifica en esta ZM una precipitación mínima 222.00mm en 1994 y una máxima de 1118.20mm en 1981, lo que indica ocurrencia de precipitaciones extremas en décadas recientes. Esto también se observa respecto a la evaporización con valores de 690.07 mm y 2,254.27 mm registrados en 1986 y 2003 respectivamente.

La **Figura 10** integra la problemática ciudadana como resultado de la vinculación: cambio climático y el desarrollo sustentable.

El CC es un problema con características únicas, ya que es de naturaleza global, sus impactos serán en el largo plazo e involucra interacciones complejas entre procesos naturales y procesos sociales, económicos y políticos a escala mundial.

En México, los sectores federal, estatal y municipal han incorporado políticas y actividades relacionadas con el CC. El sector académico se amplía y cubre un creciente número de tópicos en sus actividades de investigación y enseñanza en el tema. En 2012, la Quinta Comunicación Nacional de México ante la CMNUCC incorpora un importante tema sobre el tratamiento del CC en las ciudades.

Es necesario que, a través de la investigación científica, se fortalezca la habilidad para guiar las interacciones entre la Naturaleza y la sociedad hacia trayectorias sustentables, al mismo tiempo que se promueve el aprendizaje social necesario para transitar hacia ello.

Parte de este proceso es el conocimiento de qué tan sustentables son las ciudades, dado que, entre más información exista acerca de los problemas que aquejan a los medios social, económico y ambiental, mejores medidas se pueden tomar para solucionarlos. La análisis del texto aporta elementos teóricos, metodológicos y prácticos (**Figura 11**) para valorar la problemática de la vinculación entre cambio climático y desarrollo urbano sustentable en las ciudades del estado de Oaxaca, México.

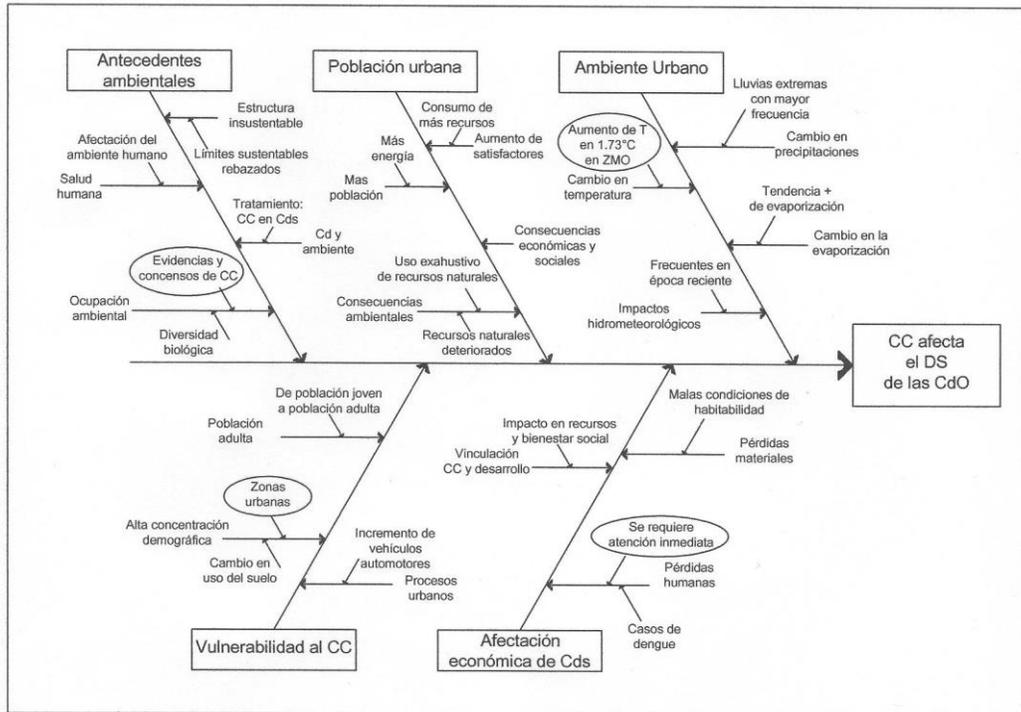


Figura 10 | Problemática en la vinculación del Cambio Climático y el Desarrollo Urbano Sustentable

Fuente: El autor.

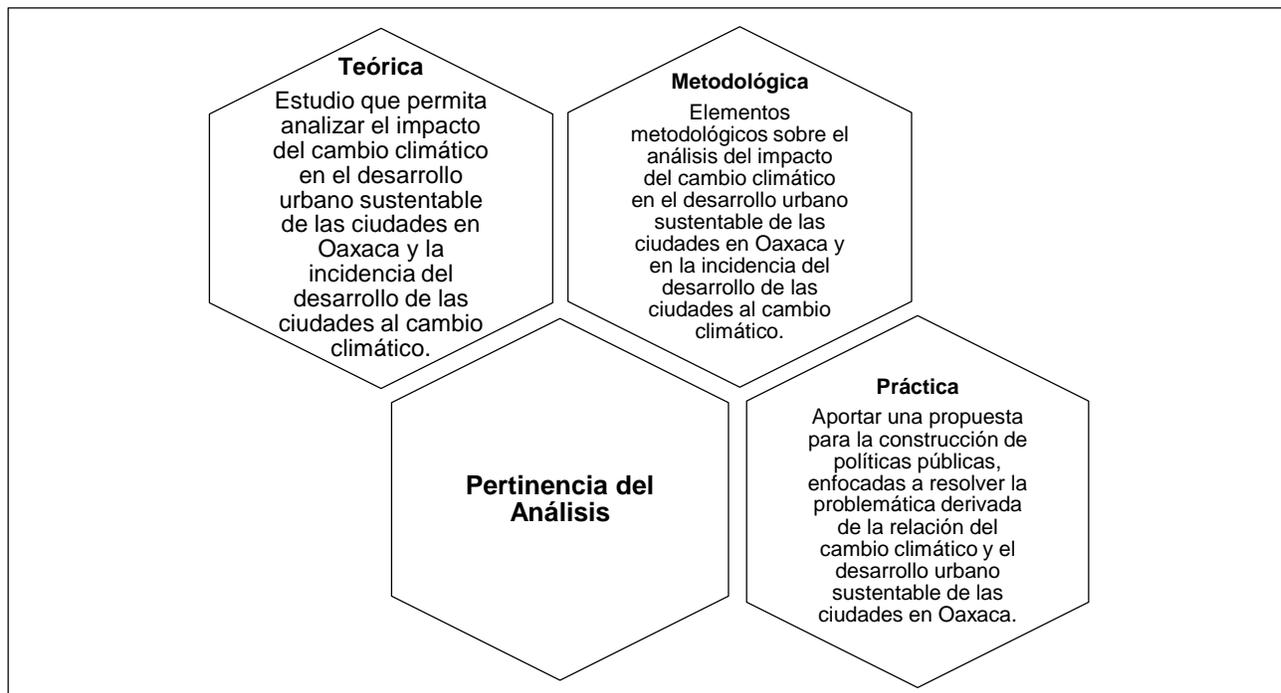


Figura 11 | Pertinencia del Análisis

Fuente: El autor.

II

UNA APROXIMACIÓN A LA CIENCIA DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LAS CIUDADES



Universidad Autónoma "Benito Juárez" de Oaxaca, Ex Hacienda de Cinco Señores, Oaxaca; febrero, 2018

II. UNA APROXIMACIÓN A LA CIENCIA DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LAS CIUDADES

2.1. LA CIENCIA DEL CAMBIO CLIMÁTICO

A principios del siglo XX, los investigadores que trabajaban con el tema de la transición del clima utilizaban la expresión **cambio climático** para describir las variaciones pasadas, presentes o futuras, tanto naturales como inducidas por el hombre, a escalas global, regional y local. A finales del siglo pasado, los gobiernos del mundo industrializado empezaron a interesarse públicamente en el fenómeno del calentamiento del Planeta, al tiempo que, en 1988, se creó el IPCC, para canalizar los trabajos provenientes de miles de científicos que buscaban consensos internacionales. El IPCC produjo su primer detonante del CC, estableciéndose de esta manera el orden de prelación: el sobrecalentamiento de la Tierra es causa del cambio del clima.

El término calentamiento global no implica que el globo terráqueo se esté calentando uniformemente o que en todo el planeta estén aumentando las temperaturas, pues hay cambios diferenciados por regiones en las variables climáticas, como la propia temperatura, la humedad relativa, las precipitaciones, la circulación de vientos o las corrientes marinas. El CC significa variabilidad de parámetros meteorológicos inducida por forzamientos externos o internos del planeta (por ejemplo, intensidad solar o inestabilidad atmosférica, en orden respectivo).

La superficie terrestre y los mares absorben radiación solar que es distribuida por las circulaciones atmosféricas y oceánicas. Al cambio de energía neta del sistema tierra-océano-atmósfera se le denomina *forzamiento radiactivo*, que puede ser positivo o negativo. El positivo calienta la superficie de la Tierra, la superficie del mar y la atmósfera inferior; en tanto que el negativo las enfría. Es decir, *el CC significa calor ocasional en algunas regiones y frío en otras, aun cuando genéricamente se hable de calentamiento global.*

Para una mejor comprensión del fenómeno del CC conviene entender el cabal significado de clima, por lo que es de utilidad explorar los términos involucrados de manera

directa en tal fenómeno. Estos son la propia expresión de CC, los conceptos de clima y lo que trivialmente se llama estado del tiempo (López López, 2009a).

La CMNUCC define el cambio climático como la *“variación del clima, atribuido directa o indirectamente a actividades humanas, el cual altera la composición global y representa un añadido a la variabilidad climática natural observada a través de periodos comparables entre sí”*. El IPCC difiere un poco de esa definición, pues dice que *“cambio climático es cualquier variación en el clima a través del tiempo, tanto por razones naturales como actividades humanas”*.

El estado del tiempo (condiciones meteorológicas) y el clima son resultado de la interacción entre la atmósfera, los océanos, los continentes, los hielos y las diversas formas de vida en el Planeta. Las condiciones meteorológicas son determinadas por fluctuaciones horarias o diarias de la atmósfera, por ejemplo, precipitaciones, ventiscas, tormentas, ciclones. Estos cambios ocurren mientras que los sistemas meteorológicos se desarrolla mueven y disipan, caracterizándose por un comportamiento no lineal y caótico lo cual los hace impredecibles más allá de una o dos semanas, en pocas palabras el *estado del tiempo* en una localidad, ciudad, \mathcal{R} o país, es la manifestación diaria del clima aunque se debe advertir que una ola de calor, un ciclón o cualquier fenómeno aislado de este tipo no significa CC por extremo que sea, pero una década o más de esos fenómenos en sucesión pueden ser valoradas como el clima de ese periodo o como un cambio de clima.

Por su parte, el clima de una localidad, ciudad, región o país se determina a partir de varios años de observaciones y mediciones del estado del tiempo. La Organización Meteorológica Mundial¹¹ (OMM) define el clima como una descripción estadística en términos de valores medios y de variabilidad de magnitudes (superficie, temperatura, precipitaciones y viento), durante un periodo que va desde un mes hasta miles de años. Para un estudio de CC, un periodo típico sería 30 años.

¹¹ La OMM forma parte de la ONU, se fundó en 1947 para unificar los procedimientos de observación y promover el intercambio de información meteorológica. Funciona con varias comisiones técnicas: aerología, climatología, hidrometeorología, instrumentos y métodos de observación, meteorología aeronáutica, agrícola, marítima y sinóptica.

2.1.1. Teorías sobre cambio climático

La fuente de energía más importante para que funcione el sistema climático es el Sol. La forma casi esférica de la Tierra hace que no llegue la misma energía del Sol a todo el Planeta. El eje de la Tierra que une los polos tiene una inclinación de $23^{\circ}27'$ medido hacia la derecha respecto a la perpendicular a la eclíptica (plano que genera el centro de la Tierra en su recorrido anual alrededor del sol); este eje además, del movimiento de rotación y traslación, tiene un movimiento de precesión. Los astrónomos dicen que en el año 14 000, aproximadamente el eje de la tierra tendrá $23^{\circ}27'$ respecto a la perpendicular a la eclíptica pero medido hacia la izquierda (Sarmiento M, 2007); (Conde, 2007).

Entre los factores naturales que afectan el clima de una \mathcal{R} se tienen los siguientes:

- a. Orientación. Una \mathcal{R} con mayor exposición solar presenta mayor temperatura.
- b. Altitud. A mayor altitud de una \mathcal{R} respecto al nivel del mar, menor temperatura. Por cada 100 metros de altitud, la temperatura baja entre 0.5 y 1° C (SEMARNAT, 2009c).
- c. Latitud. Una \mathcal{R} más cercana al ecuador tiene mayor temperatura; en \mathcal{R} s cercanas a los polos, las temperaturas son menores.
- d. Continentalidad. La proximidad de un sitio al mar influye en la cantidad de humedad y en la temperatura. Los vientos que soplan del mar hacia el continente proporcionan más humedad.
- e. Corrientes marinas. Las corrientes marinas¹² pueden influir de manera importante en el clima, de tal forma que contribuyen, por ejemplo, a que el clima sea seco en la Península de Baja California y húmedo en las costas del Golfo de México.

2.1.1.1. Actividad solar

La radiación y las manchas solares no son constantes a través del tiempo. Algunas veces se presentan estallidos en el Sol y otras veces disminuye relativamente el calor que emana,

¹² Corrientes marinas: enormes masas de agua con diferentes temperaturas que fluyen por los mares.

al tiempo que la variación de posiciones de la Tierra también contribuye a calentamientos y enfriamientos deferenciales.

Desde siempre ha existido una estrecha correlación entre la acción solar y las temperaturas globales de la Tierra y es probable que la actividad solar se haya incrementado en los últimos 70 años. Aunque también el conocimiento relacionado con los impactos de la actividad del Sol en nuestro Planeta es limitado y aún menor es el entendimiento en relación con la radiación cósmica, que son las partículas de alta energía que lanzan las estrellas que explotan en el Universo lo cual pudiera tener influencia en la temperatura terrestre. Lo que es evidente es que al ser el Sol la principal fuente de energía de la Tierra, tiene un obvio efecto en nuestro clima. Sin embargo, existe una controversia relacionada con la posibilidad de que la variabilidad solar afecte significativamente al CC.

2.1.1.2. Cuerpos celestes

Los grandes asteroides pueden producir efectos climáticos similares a las enormes erupciones volcánicas, por lo que la temperatura puede bajar también durante uno o dos años debido al llamado “efecto sombrilla”, provocado por el polvo y hollín arrojados a la atmósfera.

Un asteroide suficientemente grande puede producir una onda expansiva de calor al entrar a la atmósfera y quemar la vegetación. Esa combustión produciría CO₂ suficiente para inducir un efecto invernadero que duraría decenas de años. Al parecer un evento similar a ese ocurrió hace 65 millones de años cuando según cierta teoría un enorme asteroide cayó en la región que hoy es la Península de Yucatán, lo que pulverizó rocas, quemó la vegetación y produjo una gran nube de polvo que cubrió gran parte del Planeta. Como consecuencia el clima cambió y más de la mitad de las especies murieron, incluyendo la mayoría de los dinosaurios. La probabilidad de una colisión similar es bajísima; sin embargo, hay antecedentes como el citado que sugieren que la Tierra ya ha recibido ese tipo de impactos que han cambiado el clima.

2.1.1.3. Órbita de la Tierra

La variación de la órbita terrestre es responsable de un grupo de ciclos de larga ocurrencia que influyen en el clima. Cada uno de esos ciclos afecta de manera diferente al clima, cambiándolo en función de la cantidad de luz solar y oportunidad de arribo a la Tierra de la radiación proveniente del Sol.

Algunos científicos del siglo XIX sospecharon que las variaciones orbitales podrían controlar el inicio y terminación de las edades de hielo. A principios del siglo XX, Milutin Milankovitch materializó esa idea a través de la primera estimación numérica del impacto de las variaciones orbitales en el clima y, aunque aún se discute que otros elementos intervienen en los ciclos climáticos del modelo, los principios básicos de la Teoría de Milankovitch siguen siendo válidos.

La inclinación de la Tierra alrededor del Sol orienta sus hemisferios produciendo cada una de las estaciones con sus diferentes patrones climáticos. Estos cambios también dependen de los efectos gravitacionales del Sol, la Luna y los otros planetas del sistema solar. Junto con estas influencias, los ciclos orbitales producen oscilaciones en el clima de la Tierra a través de miles o centenares de miles de años.

2.1.1.4. Erupción de volcanes

Los volcanes arrojan a la atmósfera enormes cantidades de ceniza, hollín, partículas y gases (algunos GEI), que nublan el Sol por un año o más tiempo, hasta que son decantados por la acción de la gravedad. Este acontecimiento contribuye a disminuir la temperatura de la tierra en más de 1°C, pero en el largo plazo, los volcanes contribuyen al efecto invernadero, pues los gases que expelen pueden agregar 0.1-0.3 Gt de carbón a la atmósfera. Esta enorme cantidad representa, sin embargo, menos de 10% del CO₂ que emite la Humanidad actualmente por la quema de combustibles fósiles. Además, las emanaciones volcánicas se balancean mediante procesos naturales y retroalimentadores, que remueven el carbono de la atmósfera aproximadamente al mismo ritmo que lo producen los volcanes.

2.1.1.5. Movimiento de los Continentes

La inestabilidad de los continentes también tiene su cuota en la determinación del clima. En 1620, el filósofo Francis Bacon expresó que si África y Sudamérica fueran piezas de rompecabezas, sería juego de niños ensamblarlos, por la similitud de sus contornos. Y es que según una hipótesis, los continentes del planeta Tierra se movieron lentamente hasta separarse y obtener la posición que hoy conocemos. La ubicación de los continentes determina las corrientes marinas que tanta influencia tienen en el clima, además de la posición de las masas de hielo y glaciares que también son fundamentales en el CC.

2.1.1.6. Teoría de Milankovitch

En escala de ciclos milenarios se han propuesto muchas teorías sobre variaciones climáticas, las pruebas convergen mayoritariamente a favor de una de ellas: la inclinación del eje de la Tierra y en la geometría de su órbita alrededor del Sol es lo que produce variaciones en la insolación global del planeta Tierra. A esta explicación se le conoce por **teoría Milankovitch** en honor de Milutin Milankovitch,¹³ quien identificó tres ciclos que, de acuerdo con su teoría, propician la variabilidad climática natural del Planeta.

- *Ciclo de la trayectoria de la Tierra alrededor del Sol.* Este ciclo es el más grande en el recorrido orbital que hace la Tierra alrededor del Sol, cuya trayectoria no es un círculo perfecto, sino una elipse que cambia de forma cada 100 mil años en caso de una trayectoria y cada 400 mil años, según otra. Esa gran ruta es conocida como la excentricidad del planeta Tierra.

Cuando la órbita es más elíptica, nuestro planeta acentúa su acercamiento y alejamiento con respecto al Sol, propiciando que la acción de los rayos solares sea más o menos intensa, respectivamente a través del año. Actualmente, esa diferencia no es grande (sólo 6%), debido a que la órbita no es muy elíptica.

- Según Milankovitch, otro ciclo tarda 41 mil años en producirse y se debe al **ángulo de inclinación del eje de la Tierra** respecto al plano de su órbita; la oblicuidad varía entre

¹³ Ingeniero civil y astrónomo yugoslavo que la defendió en la primera mitad del siglo XX.

21.8° y 24.4°. Este ciclo sirve para determinar dónde habrá mayor radiación solar. Ahora la inclinación del eje terrestre está aproximadamente a la mitad de su desplazamiento, pues tiene un ángulo de 23.4° con respecto a la vertical y está decreciendo. Cuando la inclinación es mayor, el Sol es más intenso en los veranos y más débil en los inviernos, particularmente en latitudes altas (cercanas a los polos).

Los periodos glaciares generalmente se ubican cuando el ángulo de inclinación decrece, porque la disminución progresiva del calor de los veranos no puede derretir la nieve y el hielo de los inviernos pasados. En sentido contrario, el aumento de la inclinación ocasiona veranos más calientes que funden los hielos y acaban con las épocas glaciares.

- El tercero y más corto ciclo ocurre en 26,000 años y se denomina precesión de los equinoccios. Consiste en la rotación del eje de la tierra alrededor de una línea central imaginaria, lo que intensifica la temperatura de las estaciones del año. En otras palabras el círculo de precesión cambia las fechas del perihelio (la parte más cercana al Sol en la órbita de un planeta) y del afelio (parte más alejada del Sol en la órbita de un planeta). Debido a este ciclo la Tierra está más cerca del Sol en julio (en lugar de enero) cada 13 mil años, de manera que se intensifica la energía solar en el hemisferio Norte y se debilita en el hemisferio Sur.

Los instrumentos a bordo de satélites suministran información precisa del flujo de energía que la Tierra recibe del Sol; sin embargo, hasta ahora no existen indicaciones firmes de variaciones apropiadas, a largo plazo, en la producción energética del Sol (Perdomo Mejía, 1988).

Con la adopción de la teoría de Milankovitch y la de los gases de efecto invernadero, lo climatólogos y científicos en general han tenido los elementos para explicar al Mundo la variación del clima a través del tiempo, aunque la teoría en cuestión no tiene impacto significativo en el corto plazo y de urgencia como es el caso del efecto invernadero.

2.1.1.7. Variación climática temporal a escala de ciclos decenales y anuales

Cuando se trata de ciclos decenales y anuales, las variaciones climáticas se encuentran en los factores naturales y/o humanos. Entre los primeros cabe citar las fluctuaciones imprevistas en el clima a corto plazo, los fenómenos asociados con El Niño Oscilación Meridional (ENOM)¹⁴ y las anomalías climáticas relacionadas con él, un ejemplo de lo que los meteorólogos denominan teleconexión o vinculación entre sucesos ocurridos a gran distancia. Entre los posibles factores humanos que se han considerado figura el aumento del contenido del CO₂ atmosférico y gases residuales radiactivos como consecuencia de la actividad humana y de la modificación del relieve terrestre.

En términos de fluctuaciones climáticas a corto plazo, las inundaciones y sequías, que experimentan las regiones lluviosas y áridas y, semilluviosas y semiáridas, respectivamente, constituyen parte integrante de su clima “normal”.

Al no ser previsible, en un futuro próximo, la sustitución de los combustibles fósiles por otras fuentes de energía, el contenido actual del CO₂ en la atmósfera probablemente se habrá duplicado a mediados del siglo XXI. En estas condiciones, la mayoría de los modelos climáticos pronostican un aumento de la temperatura media en la superficie de la tierra de aproximadamente 3 ± 1.5 °C con un calentamiento más acusado hacia los polos que hacia los trópicos (Perdomo Mejía, 1988).

2.1.2. Temperaturas extremas

Como temperaturas extremas, se consideran tres subtipos (CEPAL, 2012d): las olas de calor, las olas de frío y las tormentas de invierno (inviernos extremos).

¹⁴ El Niño Oscilación del Sur (ENOS) es una interacción compleja del Océano Pacífico tropical y la atmósfera global que da como resultado episodios cíclicos de cambios en los patrones oceánicos y meteorológicos en diversas partes del mundo, frecuentemente con impactos considerables durante varios meses, tales como alteraciones en el hábitat marino, precipitaciones, inundaciones, sequías y cambios en los patrones de las tormentas.

- Una ola de calor corresponde a un período prolongado de calor excesivo, a veces acompañado por humedad, en comparación con los patrones climatológicos normales de una región dada.
- Una ola de frío puede ser un período prolongado de frío excesivo o la incursión repentina de aire muy frío en una zona extensa.
- Las tormentas de invierno o inviernos extremos generan impactos a causa de la nieve y el hielo.

2.1.3. Percepción global del cambio climático

Identificada la Humanidad como la principal responsable del CC mundial que se ha observado en los pasados 50 años, es necesario explicar en qué consiste este cambio. La temperatura de la superficie del Planeta ha aumentado unos 0.74°C en el pasado siglo¹⁵. El aumento del nivel del mar concuerda con este calentamiento, de modo que el nivel de los océanos mundiales se incrementó a un promedio de 1.8 mm/año desde 1961 y más velozmente, a 3.1 mm/año, a partir de 1993, en parte por efecto de la dilatación térmica y del deshielo de los glaciares, de los casquetes de hielo y de los mantos de hielo polares terrestres. La disminución observada de las extensiones de nieve y de hielo concuerda también con el calentamiento global mencionado. En promedio, los glaciares de montaña y la cubierta de nieve han disminuido en ambos hemisferios (Cárdenas, 2010).

El patrón fundamental del cambio climático reciente es el incremento de temperaturas. Los diez años más cálidos de los que se tiene registro directo de temperatura en todo el planeta se han dado de la década de los noventa a la fecha, pero existe una amplia variedad de cambios que afectan a diversas variables climáticas y que son consecuencia de este aumento de temperaturas: se ha observado una menor extensión de hielos marinos, el cambio del patrón de precipitaciones, alteraciones en la salinidad y acidificación del océano,

¹⁵ Durante el periodo 1906-2005. Este valor estuvo dentro del margen de $0,6 \pm 0,2^{\circ}\text{C}$ (IPCC, 2001) para el periodo 1901-2000.

el aumento de fenómenos extremos como sequías, lluvias torrenciales, olas de calor y mayor intensidad de los ciclones tropicales. (Cárdenas, 2010).

En América Latina y el Caribe están aumentando las condiciones climáticas extremas de toda índole y cada vez son más frecuentes fenómenos como sequías, fuertes lluvias, olas de calor o grandes incendios. De 1945 a 1990 se produjo una disminución global del número de huracanes intensos en el Océano Atlántico; sin embargo, en la pasada década se registró un retorno a huracanes más intensos y frecuentes en el Atlántico. En 1998 y 2004, la temporada de huracanes en dicha región probablemente superó los registros anteriores de la intensidad de huracanes, los daños y la pérdida de vidas (PNUMA/GRID, Arendal).

Diversos estudios sugieren una mayor frecuencia de huracanes debido al calentamiento global y al aumento de las temperaturas de los océanos. Agua más caliente significa más energía disponible para los ciclones tropicales, transformando la energía térmica en viento. Temperaturas más altas significan mayor evaporación que, a su vez, conduce a precipitación más intensa (Cárdenas, 2010).

En México, de acuerdo con científicos de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), los únicos estados de la República Mexicana que han mantenido estables sus temperaturas son Nayarit, Colima, Michoacán y Jalisco; mientras que el resto del territorio mexicano, particularmente el área del lado del océano Atlántico y el norte del país, se ha calentado más rápidamente (UNAM, 2009).

El futuro del clima depende de las emisiones asociadas al modelo energético que el Mundo adopte. Los impactos del CC variarán en función del modelo de desarrollo que el mundo elija ya que el escenario de emisiones asociado determinará la velocidad de aumento de la temperatura global (Cárdenas, 2010).

2.2. El Efecto Invernadero

La superficie del planeta Tierra recibe constantemente radiación solar de onda corta, la cual es distribuida mediante circulaciones oceánicas y atmosféricas como parte de un proceso de compensación de las diferencias térmicas que ocurren en las diversas zonas terrestres. Una parte de esa radiación, transformada en energía de onda larga (calor) también llamada infrarroja, es reemitida naturalmente hacia el espacio de manera que se mantiene el balance entre energía entrante y saliente del planeta.

Este equilibrio puede ser alterado por la variación de energía recibida del Sol y por la desigual distribución sobre la Tierra o, bien, por interferencia de la energía de onda corta reemitida al espacio. Según los científicos del IPCC, esto último está siendo ocasionado por la cada vez mayor concentración de GEI emanados por fuentes de origen humano (quema de combustibles fósiles, deforestación, incendios forestales, tiraderos de basura, entre otras fuentes). La acumulación de GEI en la atmósfera interfiere la ruta de la energía calórica que trata de escapar al espacio, propiciando un proceso cíclico que incrementa paulatinamente el calentamiento del planeta. La acumulación de los GEI (CO_2 , CH_4 y N_2O , entre los principales) provoca el calentamiento de la atmósfera de la tierra, que actúa como el techo de vidrio de un invernadero. Este fenómeno permite el paso de los rayos solares y el calentamiento de la superficie terrestre pero impide la pérdida de radiación térmica, se considera el principal causante del CC (CEPAL, 2010d).

Los GEI desempeñan en la atmósfera el mismo papel que el cristal de un coche en un día de sol o la cobertura de un invernadero (ver **Figura 12**). Estos gases están formados por moléculas polares que absorben los rayos infrarrojos termalizados en la superficie de la Tierra y en la propia atmósfera.

Desde 1997, México ha realizado diversos estudios relativos a tecnologías de mitigación de GEI con el propósito de analizar su potencial de mitigación y sus costos en los principales sectores en el país: energético, forestal, transporte y agrícola [(INECC, 2009f); (INECC, 2010b); (UNAM, 2000a)].

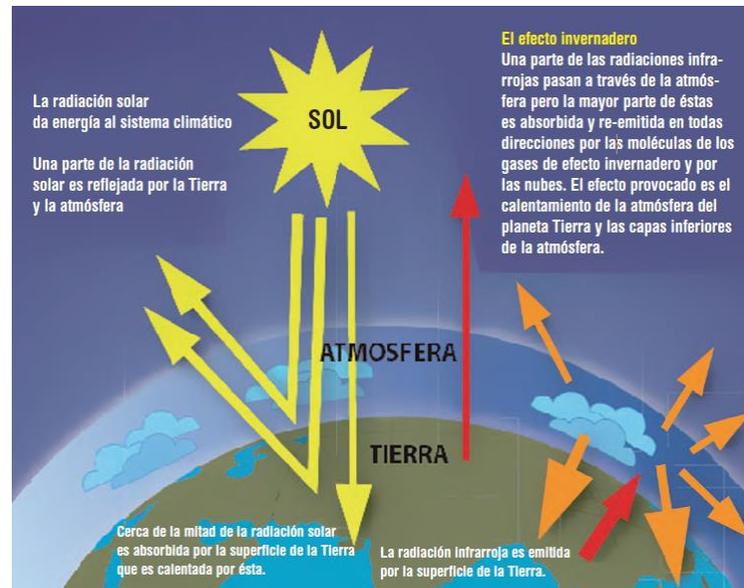


Figura 12 | Efecto Invernadero

Fuente: IPCC, tomado de Cárdenas (2010).

2.2.1. Gases de Efecto Invernadero (GEI)

Los gases de efecto invernadero (GEI) son un grupo minoritario de gases que forman parte de la atmósfera, siendo estos principalmente vapor de agua (H_2O), dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4), óxido nitroso (NO_2), perfluorocarbonos (PFC), hidrofluorocarbonos (HFC) y hexafluoruro de azufre (HFS_6)¹⁶. Con excepción de los tres últimos citados (que son gases industriales), los GEI pueden ser de origen natural o provenir de actividades humanas ((Fernández Bremauntz & Martínez Fernández, 2003); (INECC, 2011a)). Tienen la propiedad diferenciada entre unos y otros de absorber y emitir radiación proveniente de la superficie de la Tierra y del mar, de las nubes y de la atmósfera. Son precisamente los gases que posibilitan el fenómeno denominado efecto invernadero, el cual está contribuyendo al calentamiento del Mundo en proporciones mayores a las ocurridas a lo largo de miles de años ((Fernández, 2006); (INECC, 2009g); (INECC, 2009b); (INE, 2000a) y (McKinley, y otros, 2003)).

¹⁶ México de acuerdo al CIEDD contribuye con alrededor de 1.6% de las emisiones de gases de efecto invernadero, ubicándose en la posición 13 de los países generadores.

Dióxido de carbono ó anhídrido carbónico (CO₂). Gas incoloro, inodoro y no venenoso que se desprende de la quema de combustibles fósiles y que normalmente forma parte del aire ambiente. También se produce en la respiración de los organismos vivos (plantas y animales). Se lo considera el principal GEI.

Metano (CH₄). Hidrocarburo gaseoso, incoloro, inflamable y no venenoso, que se forma por la descomposición anaeróbica de los compuestos orgánicos. El metano es (desde el punto de vista molecular) un gas de invernadero con un potencial de calentamiento veintiún veces superior al del CO₂ (INE, 1999a). El CH₄ representa el 17% del forzamiento radiactivo, y cuyas concentraciones han aumentado de 730 ppb hacia 1750 a 1852 ppb en 2007, su vida media en la atmósfera es de 12 años (Santamarta Flórez, 2007).

Óxido nitroso (N₂O). Gas relativamente inerte que se produce como resultado de la actividad microbiana en el suelo, la utilización de fertilizantes nitrogenados, la quema de leña, entre otros. Este compuesto puede contribuir al efecto invernadero y al agotamiento del ozono (CEPAL, 2010d). Aporta el 5% del forzamiento radiactivo, y cuyas concentraciones han aumentado de 270 ppb hacia 1750 a 319 ppb en 2007, su vida media en la atmósfera es de 114 años (Santamarta Flórez, 2007).

2.2.2. El dióxido de carbono y su participación en el cambio climático

El clima siempre está cambiando, pero la diferencia es que, en los últimos tiempos, están ocurriendo cambios por razones no naturales y es la raza humana quien los está propiciando. La atmósfera que rodea al planeta Tierra ha regulado la temperatura por más de cuatro mil millones de años; durante los últimos diez mil años ese control del clima ha situado la temperatura media global alrededor de 15 °C.

El control climático natural es un mecanismo delicado y complejo, en el centro del cual está un gas incoloro, inodoro e integrado por un átomo de carbono y dos de oxígeno (CO₂), se trata del bióxido o dióxido de carbono, también denominado anhídrido carbónico o gas carbónico. El CO₂ es esencial para mantener el balance que requiere la vida sobre la Tierra

pero también es un subproducto o desperdicio de la combustión del carbón, de los derivados del petróleo y, en menor medida del gas natural, incluso de nuestra respiración y de las plantas que lo utilizan para su proceso de fotosíntesis. En pocas palabras ese átomo de carbono está por todas partes y el aumento de su concentración en la atmósfera derivado de actividades humanas, está propiciando el calentamiento artificial del Planeta, lo cual conduce al cambio del clima con todas las consecuencias que eso implica.

Las concentraciones de CO₂ en la atmósfera han aumentado desde 280 ppm hacia 1750, al inicio de la revolución industrial, a 382 ppm en 2007 (Santamarta Flórez, 2007). Se afirma que aproximadamente 56% de todo el CO₂ que la Humanidad ha emitido a lo largo de la historia al quemar combustibles fósiles aún está presente en la atmósfera pues su permanencia es de muchos decenios o siglos¹⁷, por lo que la concentración de este gas es causa directa o indirecta del 80% del calentamiento global. De aquí que el CO₂, sea el GEI más importante de los 6 incluidos en el Protocolo de Kyoto.

2.2.3. Los GEI de origen antropogénico

El ser humano impacta poderosamente en el ambiente, afectando el clima. La Humanidad emite gran cantidad de GEI y lo hace muy rápido. Emitiendo actualmente a la atmósfera más de 26 mil millones de toneladas anuales de CO₂, el GEI más importante. Este gas permanece en la atmósfera alrededor de un siglo antes de ser absorbido por los océanos y por los ecosistemas terrestres (Cárdenas, 2010). La concentración atmosférica preindustrial del gas es de entre 250 y 280 ppm ha aumentado hasta más de 380 ppm: una cifra superior a cualquier otra época de los últimos 650 mil años (EPICA, 2004). Investigaciones recientes concluyen que la concentración actual supera, incluso, la de los últimos 800 mil años (Luthi et al, 2008). Además, el aumento de la concentración del CO₂ en la atmósfera (que ha ascendido alrededor de un 30 %) se ha producido en los dos últimos siglos ((INECC, 2010a), (Santamarta Flórez, 2007)).

¹⁷ La vida atmosférica media del CO₂, en función del complejo ciclo del carbono, puede ir de 5 a 200 años.

Un 75 % de las emisiones antropógenas de CO₂ proviene de la quema de combustibles fósiles, sobre todo para la producción de energía y para el transporte (el resto se debe principalmente a la deforestación). Es interesante exponer que el proceso de formación del petróleo fue uno de los factores que permitió a la Naturaleza fijar CO₂ en el subsuelo y reducir su concentración en la atmósfera, que hace unos 300 millones de años era en torno a las 1500 ppm. Así, es fácil comprender las consecuencias que pueden derivarse de que la Humanidad esté actuando en sentido inverso al de la Naturaleza y, además, sobre una escala temporal mucho más reducida.

En contra de lo que se suele pensar, la atmósfera no es un reservorio ilimitado donde se puedan acumular los desechos de forma indefinida. El 75 % de la atmósfera está comprendida en una fina capa que alcanza tan sólo los 11 primeros km de altura, una altitud parecida a la que alcanzan los aviones en vuelos comerciales. La atmósfera es como un fino barniz que cubre la Tierra de un espesor menor a un 0.2 % de su radio¹⁸. Ante un globo terráqueo de madera de un metro de diámetro, la atmósfera representaría un barniz de menos de 1 mm de espesor. A pesar de su delgadez, esta fina capa es parte esencial de la biósfera pues la atmósfera atenúa la diferencia de temperatura entre la noche y el día, protege de la radiación ultravioleta y aporta el oxígeno que los seres humanos necesitan para vivir.

2.3. Pruebas sobre Cambio Climático

- Proxy. Procedimiento científico utilizado para interpretar climas antiguos en forma indirecta, mediante principios físicos y biofísicos. Algunos ejemplos de métodos proxy son las muestras o núcleos de hielo extraídos de las profundidades polares, anillos de árboles prehistóricos, polen de flores que vivieron en épocas remotas, entre otros, que han permitido estimar valores de temperatura, precipitación, concentración de CO₂ y metano, de tiempos tan remotos como hace 800 mil años.

¹⁸ El radio medio de la Tierra tiene 6 371 km.

- Balance de CO₂. La caída de la nieve deja estratos de hielo con el paso de los años, de forma parecida a los anillos de los árboles, pero, mientras que, con base en los anillos de crecimiento de los árboles es posible extraer información sobre la temperatura de la atmósfera de hasta hace mil años (IPCC, 2007), en el caso de los núcleos de hielo la información accesible supera los 650 mil años de antigüedad (EPICA, 2004); (Luthi et al, 2008)).

Las burbujas de aire atrapadas en núcleos de hielo permiten averiguar cómo era la composición química de la atmósfera en el pasado y, a partir de isótopos, se puede extraer información de cómo era la temperatura de la atmósfera cuando se formaron. De este modo, perforar hacia capas más profundas en estos estratos se convierte en un viaje en el tiempo en el campo de la paleoclimatología.

- Evaluación más completa sobre cambio climático
El IPCC está formado por un amplio grupo de expertos de todo el Mundo en la materia y fue creado en el seno de la ONU por la OMM y el PNUMA, en 1988. Desde 1990 el IPCC ha elaborado informes que se han convertido en referentes, dada la elevada capacitación técnica y especializada de sus miembros, cientos de científicos y meteorólogos de reconocido prestigio de numerosos países, incluyendo México. Los informes del IPCC parten de los más recientes avances de la ciencia climática publicados en las revistas especializadas y centran el debate internacional sobre el CC. Por esta labor y por su contribución científica recibió el Premio Nobel de la Paz de 2007.

A modo de ejemplo, hay que recordar que en la redacción del cuarto informe de evaluación Cambio Climático 2007 (IPCC, 2007), presentado en Valencia en 2007, participaron unos 2,500 científicos procedentes de 130 países que trabajaron durante seis años para precisar y contrastar la evolución de los datos del tercer informe de evaluación, TAR, presentado en 2001 (IPCC, 2001). Desde el punto de vista científico, el informe establece que las actividades humanas son las principales responsables del calentamiento global registrado en los pasados 50 años.

2.3.1. Propuesta metodológica del IPCC referida al cambio climático

Según esta metodología (2006), las estimaciones de emisiones y absorciones de GEI se dividen en cinco sectores principales: energía; procesos industriales y uso de productos; agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra; desechos y otras fuentes de emisiones. Cada sector comprende categorías individuales (por ejemplo, transporte) y subcategorías (por ejemplo, automóviles). En su forma más simple, la metodología corresponde a una estimación indirecta de las emisiones y absorciones de los distintos sectores, de acuerdo con factores de emisión y absorción por unidad de consumo o producción, que se calcula como la sumatoria del producto de la unidad de producción de cada sector por el coeficiente que cuantifique las emisiones¹⁹ o absorciones²⁰ asociados con cada gas, por unidad de actividad ((CEPAL, 2010d); (Hughell, 2003); (Sheinbaum Pardo, 2000); (Wood, 2003)).

2.4. Vulnerabilidad y Adaptación ante el Cambio Climático

El CC es el problema ambiental más grave del presente siglo. Si bien en la historia del planeta se han dado, y seguramente se seguirán dando, CC globales (recordemos las glaciaciones, por ejemplo), el CC observado está ocurriendo en lapsos que harán muy difíciles los ajustes o adecuaciones de los sistemas biológicos y de los sistemas productivos humanos. A diferencia de las glaciaciones o del lejano pero inevitable agotamiento del Sol, una de las características más importantes del presente CC es que está asociado a acciones humanas. Esto implicaría que si la Humanidad cambia la forma en que se relaciona con el ambiente, este CC acelerado podría reducir su velocidad o, incluso, estabilizarse.

Se dispone de una gran diversidad de opciones de adaptación, pero será necesaria una adaptación aún mayor que la actual para reducir la vulnerabilidad al CC. Hay obstáculos, límites y costos que no han sido suficientemente analizados (IPCC, 2007a).

¹⁹ Emisiones. Liberación de GEI y/o de sus precursores en la atmósfera, en una zona y por un período determinado.

²⁰ Absorciones. Absorción de los GEI y/o de sus precursores de la atmósfera, por medio de un sumidero (todo proceso, actividad o mecanismo que elimine de la atmósfera un GEI, un aerosol o un precursor de un GEI).

2.4.1. Cambio climático futuro

Por las incertidumbres inmersas, para las proyecciones del clima futuro no se construyen pronósticos climáticos, sino que se generan los llamados *escenarios*. Además de las incertidumbres en las emisiones futuras, también existen incertidumbres asociadas a la modelación del clima ((Magaña & Gay García, 2004); (Camargo Bravo & García Cueto, 2012)).

De acuerdo con el IPCC, un **escenario climático** es una descripción coherente, internamente consistente y plausible de una posible condición futura del clima. Mediante la conjunción de escenarios de clima y tendencias de aspectos socioeconómicos o ambientales es posible la generación de información que permita visualizar las condiciones hipotéticas de una situación en particular.

El sistema climático es un sistema complejo, altamente no lineal, por lo que hay límites en la capacidad actual para desarrollar modelos climáticos que pudieran simular con toda precisión las condiciones futuras atmosféricas, oceánicas, continentales, y de cuerpos de hielo y nieve, y las interacciones entre estos componentes del sistema climático. Los modelos más avanzados para hacer estas simulaciones se denominan Modelos de Circulación General Acoplados al Océano (AOGCM, en inglés). Estos modelos tienen una resolución de varios kilómetros cuadrados, por lo que tienen también limitaciones para describir climas locales o en regiones reducidas. Podría decirse que pocos de ellos “ven” a los países centroamericanos, por ejemplo (Cárdenas, 2010).

2.4.2. Vulnerabilidad y adaptación actuales y futuras

La vulnerabilidad del país, al igual que en el caso del resto de los países en desarrollo, es mayor que la de los países desarrollados. La razón básica de esta diferencia radica en los recursos disponibles para adaptarse al cambio, que son mucho mayores en los países industrializados.

Los asentamientos humanos serían vulnerables en cuanto a la satisfacción de sus requerimientos de agua y comida, además de requerir, posiblemente, un consumo mayor de energía para el control de la temperatura en casas e industrias, así como para la conservación de alimentos. Estas demandas extras constituirán un reto al sistema energético mexicano. Un posible incremento de la demanda de energía en el futuro, en combinación con una disminución del agua disponible para generación, combinadas con variaciones de los precios de los combustibles requiere consideración especial.

La vulnerabilidad de un país ante condiciones extremas en el clima (Magaña & Gay García, 2004), está en relación inversa con:

- la difusión y comprensión de los pronósticos climáticos,
- la capacidad técnica para aplicar medidas preventivas y
- la disponibilidad de recursos financieros para aplicar esas medidas.

Una definición de riesgo, de acuerdo con la Comisión Económica para América Latina (CEPAL) puede expresarse como una función dependiente de la amenaza y la vulnerabilidad. La amenaza que cada país enfrenta por los fenómenos naturales (por ejemplo, aquellos derivados del cambio global) presenta una intensidad constante o en aumento y está siempre presente. Por su parte, la vulnerabilidad, que es el grado de exposición de los países a las amenazas, puede ir en aumento o ser disminuida mediante acciones concretas (Figura 13).

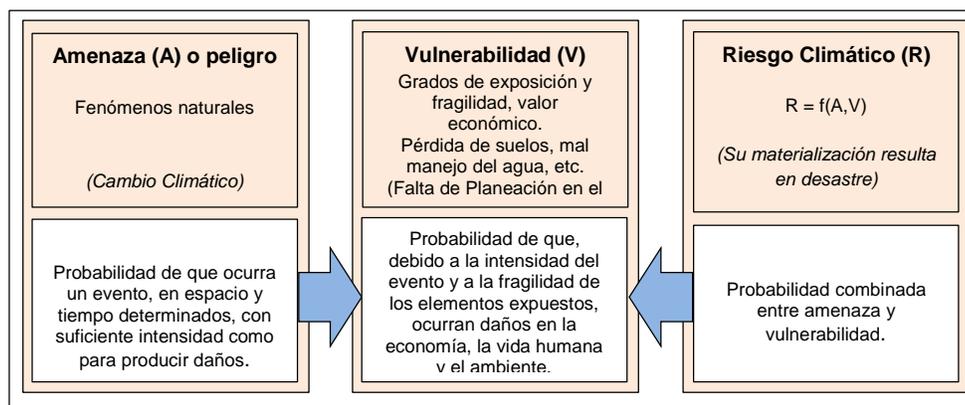
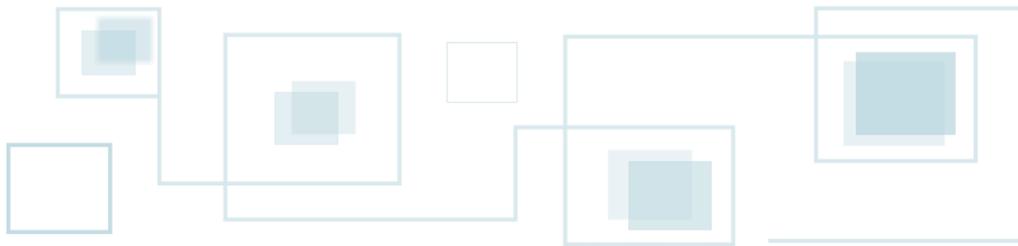


Figura 13 | El Riesgo Climático como función de la Amenaza y la Vulnerabilidad

Fuente: CEPAL, 2000.

Dado que el riesgo climático surge de las interacciones entre el clima y la sociedad, se puede abordar de diferentes formas: desde su aspecto social, mediante la evaluación basada en la vulnerabilidad; a partir de un enfoque climático, mediante una evaluación basada en amenazas naturales o a través de enfoques complementarios que integren ambos elementos. Particularmente, la evaluación del riesgo climático, es un proceso flexible que analiza las intersecciones entre las tendencias climáticas, recursos naturales y condiciones socioeconómicas; así como los factores que influyen en el desarrollo de respuestas de adaptación ((CATHALAC, 2008); (SEMARNAT, 2009b)).

La **adaptación** significa un ajuste de los sistemas humanos a cambios de las condiciones climáticas, con la meta de reducir la vulnerabilidad futura, resulta de un proceso de toma de decisiones, donde se pueden involucrar: transformaciones en tecnología, educación, comportamiento, política pública, infraestructura, etc. La transformación es flexible pero definitiva y representa una oportunidad para minimizar costos futuros ((UNAM, 2004a); (INECC, 2010c); (Landavazo Gracia, 2004); (Moreno Vázquez, 2004); (Stratus Consulting, Inc., UNAM y el Colegio de Sonora, 2004a)).



2.4.3. Acciones ante el cambio climático

El desarrollo de escenarios climáticos es una pieza clave en el proceso de identificación y priorización de medidas de adaptación, así como en el diseño de estrategias de lucha ante el CC. El tema del CC es una oportunidad para reducir la brecha entre los resultados científicos y la toma de decisiones políticas. También, facilita la organización comunal que puede ayudar a aprovechar las oportunidades del desarrollo (CATHALAC, 2008); (INECC, 2009a); (INECC, 2009e)).

La situación actual relacionada con la investigación en materia de CC ((Romero Hernández & Romero Hernández, 2006); (Mugica Alvarez, 2008)), muestra cuatro temas generales, (Tabla 6) el tema más estudiado es el de vulnerabilidad, impacto, riesgo y adaptación seguido por el de observación, información y escenario, mitigación y por último el de aspectos socioeconómicos, tecnológicos e Internacionales. Sin embargo, el sector empresa, las instituciones privadas y los gobiernos estatales le dan prioridad al estudio de mitigación. Solamente en la Zona Suroeste, se estudia más el tema de observación, información y escenario que el de vulnerabilidad, debido probablemente a la frecuencia de huracanes y ciclones en la zona, subtemas que también tienen una alta prioridad en la zona del Golfo de México y Noroeste con grandes zonas costeras en el Golfo de Baja California y el Pacífico. En contraste, en la Zona Centro y el D.F después de vulnerabilidad, el tema más abordado es el de mitigación.

La Ciudad de México y la zona Centro del país cuenta con el mayor número de especialistas puesto que tradicionalmente ha habido más recursos. El 53% de los especialistas se ubican en Universidades, Centros e Institutos de Investigación públicos, 30% en el gobierno federal o estatal, 5% en ONG y 5% en empresas privadas (Múgica Alvarez, 2008).

Se han desarrollado proyectos para apoyar el fortalecimiento institucional en México, particularmente en el gobierno, para la gestión de los problemas de la contaminación del aire en la ciudad de México y el CC de manera integrada ((West, Osnaya, Laguna, Martínez, & Fernández, 2003); (Martínez, Romero, Lagarda, & Aguilar, 2004)).

Tabla 6 | Temas de Investigación en Materia de Cambio Climático en México

Tema	Subtema	Subtema Específico
I.- Observación, Información y Escenario	✓ Observación	<ul style="list-style-type: none"> ○ Variabilidad climática ○ Observación y Monitoreo del CC ○ Otros
	✓ Información	<ul style="list-style-type: none"> ○ Inventario Forestal ○ Inventario Energía ○ Inventario Procesos Industriales ○ Inventario Residuos ○ Inventario Agricultura ○ Comunicación y Difusión ○ Diseño de Materiales ○ Otros
	✓ Escenarios	<ul style="list-style-type: none"> ○ Modelación y Escenarios Económicos ○ Modelación y Escenarios de Emisiones de GEI ○ Modelación y Escenarios de CC ○ Ciclo del Carbono ○ Otros
II.- Vulnerabilidad, Impactos, Riesgos y Adaptación	✓ Sectores Económicos	<ul style="list-style-type: none"> ○ Hídrico ○ Energía ○ Turismo ○ Forestal Agricultura y Ganadería ○ Pesca ○ Comunicaciones ○ Transporte ○ Industria ○ Otros
	✓ Ecosistemas	<ul style="list-style-type: none"> ○ Biodiversidad ○ Ecosistemas Costeros ○ Ecosistemas de Montaña ○ Ecosistemas Áridos ○ Suelos ○ Otros
	✓ Población y Asentamientos Humanos	<ul style="list-style-type: none"> ○ Salud ○ Protección Civil ○ Producción de Alimentos ○ Asentamientos Humanos ○ Zonas Costeras ○ Aspectos Sociales ○ Co-beneficios ○ Otros
III.- Mitigación	✓ Sectorial	<ul style="list-style-type: none"> ○ Energía ○ Forestal ○ Transporte ○ Industrial Residuos ○ Otros
	✓ Mercados	<ul style="list-style-type: none"> ○ Mercados de Carbono ○ MDL ○ Mercados Voluntarios C ○ Otros
	✓ Co-beneficios	<ul style="list-style-type: none"> ○ Salud ○ Ambientales ○ Sociales ○ Otros
IV.- Aspectos Socioeconómicos, Tecnológicos e Internacionales	✓ Políticas	<ul style="list-style-type: none"> ○ Salud ○ Ambientales ○ Sociales ○ Otros
	✓ Negociación Internacional	<ul style="list-style-type: none"> ○ Internacional (CMNUCC, PK, etc). ○ Bilateral ○ Con Organismos Multilaterales ○ Transferencia de Tecnología ○ Fondos y Financiamiento ○ Otros

Fuente: Tomado de Múgica Álvarez (2008).

2.5. Modelo Ambiental Presión – Estado – Respuesta

Diseñado originalmente por Statistics Canada en 1979, el esquema conceptual Presión – Estado – Respuesta (PER) fue retomado y adaptado por Naciones Unidas para el elaboración de cuatro manuales sobre estadísticas ambientales, concebidas éstas para su integración a los sistemas de contabilidad física y económica: uno de carácter general, otro sobre asentamientos humanos; el tercero sobre medio ambiente natural; y el cuarto manual trata sobre la contabilidad económica y ambiental integradas (INEGI - INE, 2000).

Para muchas oficinas de estadística, estos manuales han sido de enorme utilidad para organizar sus sistemas de información ambiental.

Paralelamente, ese esquema fue adoptado y modificado por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) que, en 1991, desarrolló el esquema Presión – Estado – Respuesta y, en 1993, definió un grupo medular de indicadores ambientales en temas seleccionados para la evaluación del desempeño ambiental. Actualmente, este modelo forma parte de los informes nacionales del estado del ambiente y de las evaluaciones de desempeño ambiental que dicha organización realiza periódicamente entre los países miembros. Además, otros países están adoptando este modelo en sus sistemas de información ambiental.

El esquema PER (**Figura 14**) es tan sólo una herramienta analítica que trata de categorizar o clasificar la información sobre los recursos naturales y ambientales a la luz de sus interrelaciones con las actividades socio-demográficas y económicas. Se basa en el conjunto de interrelaciones siguiente: las actividades humanas ejercen presión (P) sobre el ambiente, modificando con ello la cantidad y calidad, es decir, el estado (E) de los recursos naturales; la sociedad responde (R) a tales transformaciones con políticas generales y sectoriales, tanto ambientales como socioeconómicas, las cuales afectan y se retroalimentan de las presiones de las actividades humanas.

Dependiendo del propósito que se le asigne, el modelo PER puede ser ajustado para dar cuenta de mayores detalles o características específicas.

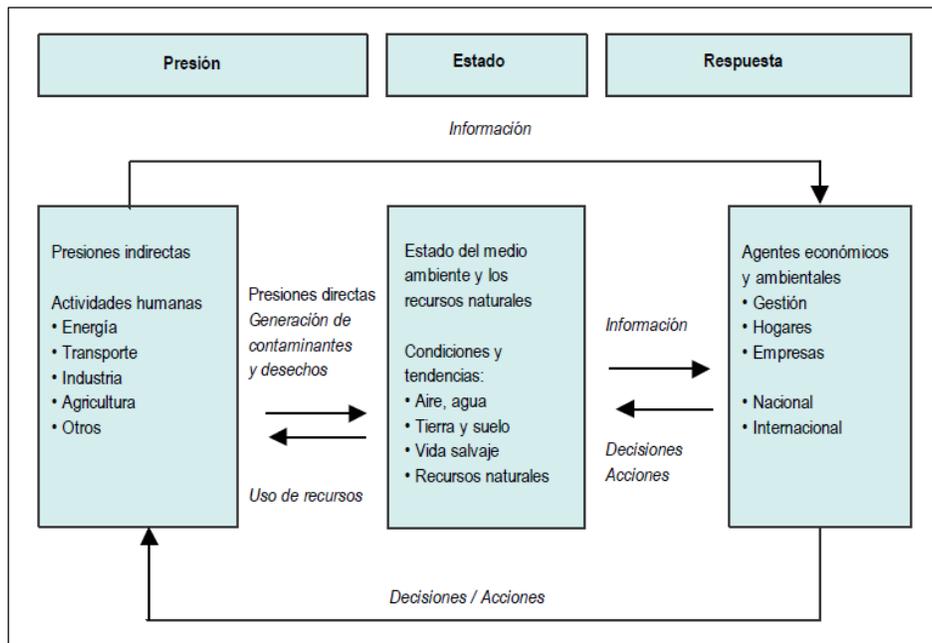


Figura 14 | Modelo Ambiental: Presión – Estado – Respuesta

Fuente: *OECD core set of Indicators Environmental Performance Reviews* (OECD, 1993).

Otro esquema, utilizado principalmente por la Agencia Europea del Ambiente y la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos, amplía a cinco las categorías de información, tratando de hacer más exhaustivo el estudio de la relación sociedad – ambiente: Presión – Estado – Impacto / Efecto – Respuesta. De esta manera, el esquema se vuelve más complejo, por cuanto requiere parámetros para la medición (en el corto, mediano o largo plazos) de los impactos y efectos ocasionados a las funciones ecológicas, a los ecosistemas y recursos naturales y a la población. Por ello, la utilización de estas dos categorías se hace con base en modelos que proveen evidencias y/o tendencias plausibles sobre las relaciones entre problemas, causas y soluciones.

2.6. DESARROLLO REGIONAL SUSTENTABLE

La Ciencia Regional (C_R), cuyo objeto de estudio es la región²¹ (R), tiene el propósito de propiciar el bienestar social (B_i) y elevar la calidad de vida humana preservando la armonía y la diversidad cultural y natural de las regiones (R_s), a través de la creación de conocimiento científico que (Miguel, Torres, Maldonado, & Solís J, 2011a):

- Facilita la medición y el monitoreo del desarrollo (D), el bienestar (B_i) y la mejora de la calidad de vida;
- Analiza y valora los recursos de las R_s y postula su conservación mediante su aprovechamiento racional;
- Facilita localizar y desarrollar las actividades económicas ligadas a la agricultura, el comercio y los servicios;
- Promueve el diseño de políticas públicas para impulsar el D y eliminar las desigualdades en el contexto regional;
- Analiza y previene las repercusiones de los desastres naturales para amortiguar los efectos socioeconómicos de los temblores, los huracanes o el CC;
- Permite valorar el patrimonio histórico y cultural que las R_s han acumulado a lo largo del tiempo; y
- Propone sugerencias para enfrentar el caos y los conflictos regionales derivados de los cambios ambientales, económicos y socioculturales; entre los cuales destacan hoy en día los impactos ocasionados por el CC.

La C_R ha dado soluciones para mejorar los costos, el transporte, las inversiones, la localización de actividades e, incluso, el ambiente de las ciudades y R_s y ha sugerido políticas públicas que puedan enfrentar integralmente la problemática de las R_s, así como

²¹ En su aspecto pragmático, R puede considerarse una porción de la superficie terrestre delimitada artificialmente con criterios de unidad, homogeneidad, o interacción entre sus componentes sociales y/o naturales (por ejemplo tomando en cuenta las relaciones étnicas, de la economía, o su clima, flora y fauna, suelos, etc.). Desde una perspectiva teórica compleja, R puede concebirse como la delimitación espacio-temporal de la interacción de la diversidad social (económica, social, cultural y política); y la diversidad natural (climática, de flora, fauna, orografía, etc.), uno de cuyos efectos más importantes es la sobrevivencia y el bienestar de la sociedad humana.

las desigualdades que esto conlleva, pero debido a la crisis económica, ambiental, social, política y cultural con que inició el siglo XXI, la CiR aún debe aportar soluciones integrales a los problemas que la R está planteando.

2.6.1. Paradigmas de la ciencia regional

La visión de R ha variado desde el siglo XIX, siendo interpretada por diversos paradigmas²²; así, todas las ciencias poseen su modo propio de percibir la realidad. La CiR ha valorado la R con diversos indicadores que en algunos casos han hecho referencia al espacio geográfico en término de dimensiones geométricas (distancia, superficie o volumen) o a valores económico-sociales que utilizan los indicadores del D, lo cual ha dado origen a algunos de los paradigmas fundamentales de la CiR: paradigma de la localización (L^0), paradigma del desarrollo (D) y el paradigma emergente de la complejidad y el caos (C^J).

2.6.1.1. Paradigma de la localización (L^0)

Actualmente la teoría de R se encuentra muy ligada a la temática del D, pero en su origen se daba por supuesto lo que hoy se conceptualiza como desarrollo regional (D^R). El objetivo de este paradigma es estimar el D^R a través de la **localización** (L^0) de las actividades, por ejemplo, cuantificando el número de empresas o actividades que atraía un lugar central, partiendo del supuesto que a mayor número de empresas, instituciones u organizaciones con que contara la R, mayor sería su D, es decir

$$D^R = f(L^0) = f(\text{Número de empresas, inversiones})$$

²² Como se reconoce, un paradigma viene a ser una estructura coherente constituida por una red de conceptos a través de los cuales ven su campo los científicos, que permite la selección y crítica de temas, problemas y métodos entre los miembros de una comunidad científica.

Los factores o atractores de L^0 son diversos, por lo cual este paradigma que nació en el último cuarto del siglo XIX y se fortaleció a lo largo del siglo XX, está integrado por diversos modelos económicos que explican el funcionamiento de la \mathcal{R} , los cuales se describen a continuación:

- ✓ Modelo Economicista. Este modelo inició en el siglo XIX y ha tenido aportes: del clásico, neoclásico, neoliberal, análisis espacial y el de la globalización. El modelo se basa en la "Teoría de los Lugares Centrales". Su funcionamiento es geográfico-económico (centralidad y competitividad). La evolución subsecuente de esta centralidad es el sistema de ciudades (Bourne, 1975), los clúster, distritos industriales y las redes espaciales.

Estos conceptos analizan el conjunto de asentamientos que, bajo la supremacía de uno o de varios centros urbanos, mantienen relaciones estrechas y complementarias de índole demográfica, política, social, económica, tecnológica y cultural.

- ✓ Modelo Económico-Administrativo. Se asienta en la concepción de la política en la ciencia económica. Aplicada a la $Ci\mathcal{R}$ de esta escuela han derivado propuestas teóricas como: "economía de la dependencia", "centro y la periferia" e "intercambio desigual"; éstas, fueron consolidadas en América Latina a través del denominado "estructuralismo" al final de la Segunda Guerra Mundial (1939-1945). Otra teoría es el "keynesianismo", cuyo creador fue John Maynard Keynes (1883-1946).

Un enfoque administrativo espacial que crítica la orientación del equilibrio keynesiano es la "teoría de los polos de crecimiento", la cual propone que el \mathcal{D} no aparece en todas partes al mismo tiempo, sino que se manifiesta en ciertos puntos o polos de crecimiento económico con diferente intensidad (Perroux, 1955). Esta influencia no solamente puede ser económica, sino política, cultural, administrativa e, incluso, militar. Con este modelo la $Ci\mathcal{R}$ entró de lleno al paradigma del \mathcal{D} .

2.6.1.2. Paradigma del desarrollo

Su objetivo es mantener un nivel óptimo de calidad de vida para la población. Con su metodología explica el crecimiento económico (C^E) y su conversión en B_i en la \mathcal{R} . Utiliza, aplica y ajusta los modelos económicos y sociales existentes a la explicación del nivel de vida de la población, así como a las ciudades y localidades de la \mathcal{R} . El problema central que ha pretendido resolver ha estado ligado al logro del desarrollo (\mathcal{D}), y a finales del siglo XX, también preservar el ambiente. Este paradigma concibe el \mathcal{D} como el proceso permanente y de largo plazo de las sociedades modernas. Tiene como supuesto implícito que $D^{\mathcal{R}}$ depende del nivel de \mathcal{D} alcanzado por la sociedad en su conjunto, es decir

$$D^{\mathcal{R}} = f(\mathcal{D})$$

Está integrado por diversos modelos, los cuales se describen a continuación:

- ✓ Modelo del Bienestar y la Tradición. En el “modelo de la región tradicional”, la \mathcal{R} se asemeja a una **gran morada** que manifiesta la presencia de la **Madre Tierra** hacia la gente, la cual proporciona los recursos que los seres humanos requieren para sobrevivir. En América Latina, al respecto destaca la discusión de los ‘60s que en el ámbito académico derivó de las propuestas del teórico ruso Chayanov, cuyos seguidores dieron margen a la denominada "corriente campesinista", y aquella que nació siguiendo la perspectiva de Lenin y Kaustky, como "corriente descampesinista" (Lucas, 1992).

Otra modalidad considera \mathcal{D} como un proceso que puede dañar los recursos naturales, al ambiente, y a la sociedad a través del consumismo. Propone el logro del B_i dando relevancia a la **comunalidad**, la cual considera a la tierra y sociedad humana como los factores fundamentales que garantizan la sobrevivencia humana (Martínez L. J., 2011).

- ✓ Modelo del Desarrollo Económico (D^E). Nació a mediados del siglo XX, retomando los principios de los modelos económicos, especialmente del keynesiano, del estructuralismo y de los polos de crecimiento. Consideró al $D^{\mathcal{R}}$ como un sinónimo y un resultado de la economía, proceso al cual se ha denominado **desarrollo**

económico (D^E), el cual se considera semejante al C^E y es medido por indicadores como el PIB, el ingreso per cápita o las tasas de crecimiento de la economía. Su supuesto básico es que si la economía crece, automáticamente aumenta el bienestar y mejora la calidad de vida de la población; pero su crítica principal estriba en que no toma en cuenta la distribución de la riqueza, lo que significa que a pesar de que crezca la economía, si esta no distribuye sus beneficios, prácticamente no habrá \mathcal{D} , por lo cual adquirió relevancia el tema del B_i .

- ✓ Modelo del Bienestar y el Desarrollo Humano. El \mathcal{D} se concibe como un proceso social de largo plazo, permanente, de creación intencional de riqueza material (económica y de todo tipo), y especialmente de **bienestar social** (B_i), con la finalidad de alcanzar y mantener un nivel óptimo de calidad de vida para la población, combatiendo la pobreza, la marginación y la desigualdad social.

El B_i puede clasificarse como **objetivo** y **subjetivo**, incluyendo éste último las reacciones emocionales de las personas, la satisfacción con sus posesiones y los juicios globales de satisfacción personal con la vida de cada uno que conducen a estados de felicidad o insatisfacción social (Diener, Suh, Luca, & L, 1999), en tanto que el primero incluye la valoración de los aspectos tangibles o materiales del \mathcal{D} como la infraestructura y los servicios públicos y, mínimamente debe reflejarse en la dotación de infraestructura y servicios públicos (agua potable, drenaje, educación, electrificación, vivienda, etc.) para la población. La crítica a este modelo es que a pesar de tomar en cuenta los beneficios hacia la población, no considera la problemática del ambiente, lo cual significa que si los recursos naturales, el clima, etc., se vuelven adversos, no habrá B_i ni tampoco \mathcal{D} .

- ✓ Modelo del Desarrollo Sustentable (D^S). El D^S es la manifestación socio-ambiental del \mathcal{D} y tiende a reflejarse no solamente en la infraestructura y los servicios públicos; sino además, en la preservación y mejora del ambiente y los recursos naturales. Nació en los años '80s del siglo XX. Sugiere crecer económicamente, pero hasta el límite de los recursos y respetando la adecuación cultural de las diversas sociedades

y \mathcal{R} s, pretende ser una realización material y cultural "que satisface las necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades" (CMMAD, 1988).

Para ser efectivo este \mathcal{D} debe ser ecológicamente adaptable, económicamente viable y socialmente aceptable. El mismo debe impulsar el \mathcal{B}_i , el \mathcal{C}^E y el equilibrio con la Naturaleza. Los temas de combate a la pobreza y la marginación, lograr el \mathcal{D} humano, y regular el control del crecimiento de la población junto con la previsión del CC, tampoco se consideran al margen de este modelo.

- ✓ Modelo del Desarrollo Endógeno. Se ha vuelto una ocupación creciente la falta participación de las personas ocasionada por el proceso global, cuyas decisiones se generan en contextos ajenos a las mismas personas y las \mathcal{R} s y, en oposición, se propone el "desarrollo endógeno", el cual considera que las decisiones y las necesidades de la persona común y corriente, deben ser tomadas en cuenta, y partir de abajo hacia arriba de la estructura social y no provenir exclusivamente de las jerarquías gobernantes superiores.
- ✓ Modelo de Desarrollo Local. Puede considerarse un esquema de participación para promover estrategias y mecanismos para la satisfacción de las necesidades básicas de la población, y suscite la intervención de todos los actores sociales trabajando por un sólo objetivo: desarrollar el recurso humano para que, como sujeto activo, sea protagonista de los cambios que la sociedad requiere.
- ✓ Modelo del Desarrollo de la Sociedad de Conocimiento. El **desarrollo basado en el conocimiento** exige niveles educativos y de investigación que se reflejen en la creatividad y la innovación en las actividades y los campos del saber de la \mathcal{R} . Está muy ligado a la creación de redes, cadenas productivas, distritos industriales y clústeres en el ámbito territorial; a su vez, unidos a las actividades educativas de la docencia e investigación. El supuesto de estos modelos es que a más educación, salud, etc., se tendrá más $\mathcal{D}^{\mathcal{R}}$.

La \mathcal{R} compleja geoméricamente no es una figura perfecta como los paradigmas tradicionales, sino un fractal que es el resultado de la interacción entre la sociedad y su entorno (Miguel, Torres, Maldonado, & Solís, 2011b).

La función del caos es orientar la transformación de la \mathcal{R} a través de la creación de estructuras que la auto organicen a través del libre albedrío (mercado) o de la planificación, lo cual la convierte en un sistema adaptable a los cambios e interacción económica, social y ambiental a que se enfrenta permanentemente. Es un sistema determinista y, a la vez probabilístico, y es tal su interacción que “el aleteo de una mariposa en alguna \mathcal{R} puede ocasionar una tormenta en todo el país”, lo que indica que cada elemento de alguna manera está interconectado con la totalidad de la \mathcal{R} .

La C^J se desarrolla al incluir más elementos, referentes o estructuras al sistema original de la \mathcal{R} . En este caso, la $C^J\mathcal{R}$ no descarta los aportes de los paradigmas anteriores, sino que los incluye, de tal manera que el $D^{\mathcal{R}}$ puede considerarse resultado de la conjugación de los paradigmas vigentes de la localización (L^0) y del desarrollo (\mathcal{D}), que también explican el comportamiento de la \mathcal{R} , de tal manera que

$$D^{\mathcal{R}} = f(L^0 \cap \mathcal{D} \cap C^J)$$

La inclusión puede definir algo infinito; sin embargo, los “efectos colaterales” (ECOs) no deseables y el conflicto, delimitan el alcance de C^J en la \mathcal{R} . Los modelos de éste sistema son:

- ✓ Modelo de las Turbulencias Sociales y el Bienestar. La metodología de la C^J aporta al análisis de la \mathcal{R} la multicausalidad, la multidisciplinariedad y la multifuncionalidad y, se entiende como el conjunto de conocimientos sustentados en el andamiaje categórico-conceptual basado en el principio que la \mathcal{R} y sus lugares centrales poseen la existencia simultánea de una heterogeneidad y diversidad estructural, y de una reciprocidad funcional de sus elementos, subsistemas o círculos de retroalimentación positiva o negativa.

Con estos últimos vienen aparejados la entropía y el **caos** que es un desorden de gran magnitud o un conjunto de desórdenes, y puede entenderse como el comportamiento impredecible que se presenta en la \mathcal{R} y sus lugares centrales, y no necesariamente posee la connotación destructiva que popularmente se le atribuye, pues expresa la evolución errática de los eventos (sucesos) o el rompimiento de la armonía de la actividad cotidiana.

La C^J también implica la presencia de entropía que se manifiesta en los ECOs y conflictos colaterales no deseables de la \mathcal{R} , por ejemplo, las desigualdades regionales ($\delta_{\mathcal{R}}$). Las $\delta_{\mathcal{R}}$ son la manifestación en la cual la \mathcal{R} , sus ciudades, organizaciones y ciudadanos tienen un acceso diferente e, incluso discriminatorio, a un nivel de \mathcal{D} , o una calidad de vida considerados adecuados para el momento histórico que se vive. Las $\delta_{\mathcal{R}}$ de origen socioeconómico y, hoy en día, ambiental, son producto de la interacción interregional y de acciones deliberadas de los ciudadanos, gobiernos y organizaciones, que ocasionan diferencias en el acceso a bienes, servicios, infraestructura, bienestar, y por consiguiente, a una calidad de vida similar para todas las \mathcal{R} s (Miguel, Maldonado Cruz, & Torres Váldez, 2007).

A nivel urbano-regional, las $\delta_{\mathcal{R}}$ tienden a confluir en el **centralismo** que consiste en la concentración de infraestructura, servicios, empresas, instituciones e inversiones en una o unas cuantas localidades a costa del abandono de las restantes y que, en gran medida, determina que unas \mathcal{R} s tiendan ser favorecidas con la distribución de los recursos públicos y privados. Este proceder genera perdedores y ganadores, generalmente las zonas, organizaciones o personas que reciben un trato mejor en la dotación de infraestructura, servicios, inversiones, etc.

Los ECOs no deseables y los conflictos pueden operar de manera aislada, o bien, sincronizadamente, entendiendo por sincronización el acoplamiento repentino, de los sucesos caóticos. A esta sincronización se denomina **turbulencias sociales** (τ_i). Estas enlazan los conjuntos de desórdenes (económicos, sociales, culturales, políticos y ambientales) que aparecen en la \mathcal{R} , articulando los ECOs, atractores y activadores de caos, dificultando la actividad normal del sistema económico-social, y cuyo impacto menos deseable es la disminución de los niveles de la economía, el

bienestar, el ambiente, y por consiguiente de D^R . En síntesis, las turbulencias afectan D^R , ocasionando su disminución.

Los nuevos paradigmas de R , en especial el de la C^J , pueden incorporar soluciones sistémicas para valorar y monitorear el \mathcal{D} , las desigualdades, los recursos y el ambiente en el territorio, y promover una planificación estratégica de sus R s y ciudades. Puede convertirse en una metodología para abordar integralmente la problemática regional, incluido el tema del CC. Otros paradigmas, como los correspondientes al D^S y al D^R clásico también permiten abordar la problemática que conlleva el CC de igual manera que el paradigma del anti-desarrollo. Este último permite abordar los cambios ambientales e interpreta al CC como un ECO no deseable del \mathcal{D} .

2.7. DESARROLLO SUSTENTABLE Y CAMBIO CLIMÁTICO

Los procesos productivos destinados a satisfacer las necesidades de la actual generación²³ se basan, genéricamente, en la transformación de la materia y la energía. En otras palabras, se convierten recursos naturales en productos y desperdicios. La finalidad de estos bienes es la de ser usados y consumidos, que después de un tiempo, variable para cada producto, reingresan al medio convertidos en residuos. Una parte de la energía que se utiliza para elaborar esos productos se transforma en calor residual, el cual carece de utilidad práctica.

El libro *Ciencia Regional. Principios de Economía y Desarrollo* (Miguel A. E., 2004) describe la frase de la problemática regional como: “no hay regiones pobres, sino regiones de pobres” indicándose con la misma que, en muchas partes de la Tierra los hombres viven y se multiplican solamente para subsistir, atribuyéndose dicha situación a las imperfecciones del sistema de mercado, la desigual distribución del ingreso o la falta de atención y ayuda por parte de las autoridades hacia las áreas deprimidas. Quizás la frase se tome hasta cierto

²³ La crisis de la economía basada en los hidrocarburos será el asunto político central del siglo XXI. Las proyecciones más autorizadas prevén que —si no ocurre una recesión de grandes proporciones— la economía global demandará en 2020 el doble de petróleo, un 75% más de gas y un 40% más de carbón que en 2000 y que el mayor aumento se dará en el Sur [del 45% al 60% del total], en las economías emergentes [China, India, Rusia, Brasil, México, Sudáfrica y otros] en competencia con los grandes consumidores de hoy [EE.UU., UE, Japón] (Paul, 2004).

punto correcta, pero se considera que ésta debería valorar también, que una región puede quedar en parte pobre; esto es, cuando hablemos de la cantidad y calidad de sus recursos disponibles.

2.8. Impactos del Cambio Climático en el Desarrollo Sustentable

Durante la última parte del siglo XX se investigó exhaustivamente acerca del CC, sus causas y nuestra vulnerabilidad a dicho fenómeno. Estos trabajos reflejan que el CC afectará fuertemente las actividades humanas, tales como la agricultura, el turismo, la producción y el consumo de energía, la habitabilidad de las zonas costeras, la disponibilidad de recursos hídricos y la salud humana, además de que alterará la fenología de plantas y animales. México no es ajeno a estas afectaciones: de hecho, es uno de los países más vulnerables ante el CC. Los impactos de este fenómeno en nuestro país son tales, que están considerados un tema de “seguridad estratégica” (ENAC²⁴) y, de hecho, ya se resienten en diversas \mathcal{R} (Cárdenas, 2010).

2.8.1. Impacto del cambio climático en los ecosistemas

Observaciones efectuadas en todos los continentes y en la mayoría de los océanos evidencian que numerosos sistemas naturales están siendo afectados por cambios del clima regional, particularmente por un aumento de la temperatura (IPCC, 2007a). Al respecto se pueden identificar:

- El impacto del CC en ecosistemas marinos

Incrementos en la temperatura planetaria que, en el pasado, transcurrían a lo largo de diez mil años están ocurriendo ahora en unas pocas décadas y el potencial de adaptación biológica de muchas especies está siendo rebasado por la velocidad de las transformaciones (Cárdenas, 2010).

Si esta tendencia continúa, la consecuencia natural será la extinción de muchas especies, sobre todo, de aquellas de nichos muy específicos que no tienen la

²⁴ La Estrategia Nacional de Acción Climática (ENAC) se presentó en México en el año 2007 por parte del ejecutivo federal.

posibilidad de adaptarse a las nuevas y cambiantes condiciones, por ejemplo, los corales pétreos que forman cadenas de arrecifes. A su vez, la desaparición de algunas especies puede afectar la distribución y la supervivencia de otras especies que interactúan con ellas, modificando así de manera severa el flujo de energía y el ciclo de materia de ecosistemas completos.

Los impactos más obvios y directos se notan ya en algunos ecosistemas costeros mexicanos, en particular en las lagunas de manglar y los arrecifes coralinos, ambos ya bajo fuerte presión por el crecimiento explosivo de nuevos desarrollos costeros durante las pasadas décadas (Cárdenas, 2010).

- El impacto del CC en ecosistemas vegetales

Alrededor del 70% de la superficie de México está cubierta por diversas comunidades vegetales en diferentes estados de conservación (INEGI, 2005). Estas grandes formaciones vegetales están compuestas por especies tanto animales como vegetales que se han adaptado a determinadas condiciones ambientales y particularmente a las climáticas.

Actualmente, existe gran certidumbre de que las condiciones climáticas cambiarán en los próximos años por lo que es importante estudiar y precisar qué comunidades vegetales resultarán más afectadas y la magnitud del impacto, ya que estos ecosistemas son parte de nuestra economía y sustento (Cárdenas, 2010); (INECC, 2009d); (Masera, 2003)).

La deforestación forma parte de un proceso de dinámica de cambio territorial, donde ella misma tan solo forma parte de los múltiples eventos que son posibles de darse a través del tiempo y el espacio geográfico ((Brown, 2003); (Herrera, 2003); (Ruiz Noriega, 2003); (Hall, Guerrero, & Mansera, 2003); (Marzoli, 2003); (Winrock International, 2003).

2.8.2. Migración y cambio climático

Es probable que numerosos grupos humanos y comunidades en diversas \mathcal{R} del mundo sean desplazados por motivos relacionados con el CC. El nivel de riesgo al que se expondrán

estas poblaciones, ante diversos eventos, dependerá del grado de vulnerabilidad y de las condiciones de su entorno. Un resultado esperado es que aumenten los movimientos migratorios de las poblaciones afectadas tanto dentro como entre \mathcal{N} y países (Cárdenas, 2010).

Los desplazados por razones ambientales siempre han existido. Sin embargo, en el presente y en un futuro no muy lejano la velocidad y la escala de los desplazamientos marcarán la diferencia. Una razón por la cual los grupos humanos migran es que los recursos de su entorno escasean o bien sufren un deterioro irreversible.

De tal suerte que los sistemas sociales, basados ya sea en principios de reciprocidad, redistributivos o de mercado y cualquier combinación de éstos, existen para mediar esta inmovilidad de los recursos y adaptarse a su escasez. Como asevera (Brookfield, 1975), si no existiera la escasez no habría límites para el crecimiento y las soluciones utópicas serían factibles, pero la escasez existe y entonces el problema del \mathcal{D} es de adaptación y asignación en todo lugar y todo momento. Así, el objetivo sería alcanzar la más eficiente adaptación a largo plazo y asignar bienes o cargas (Elster, 1992) con criterios de equidad y justicia “para hoy y mañana” (Roemer, 2008).

En nuestro país, como apuntan (Graizbord & León, 2002) y (Graizbord, 2004) la relación entre recursos, población y economía parece contradictoria: el centro concentra población urbana-metropolitana en un eje megalopolitano casi ininterrumpido que va de Xalapa y Córdoba-Orizaba, pasa por Puebla-Tlaxcala y la Zona Metropolitana de la ciudad de México hasta el corredor del Bajío que, por el momento, parece terminar en León, Guanajuato. A este conglomerado lo rodea intermitentemente el campo y los cultivos de riego pero muchos aún de temporal con elevada carga demográfica de población rural y con efectos intensos en la pérdida de suelo y erosión. En el norte, la población se dispersa en centros urbanos de elevado crecimiento, casi todos pegados a la línea fronteriza, con patrones de consumo que intentan copiar al vecino en el uso del automóvil, pero también en alimentación, vestido y cultura en general. Región enorme salpicada por pequeños poblados distribuidos en vastas áreas cerealeras y ganaderas aisladas que se caracterizan

por agricultura de riego, altamente tecnificada y de elevados rendimientos en un clima que va de semi-seco a desértico. En cambio, en el sureste mexicano, rico en caudalosos ríos y elevada precipitación pluvial, la población se distribuye en múltiples poblados pequeños y ciudades medias que no han crecido –salvo en la llamada Riviera Maya– al ritmo de las del resto del país, debido a la tradicional emigración hacia las grandes ciudades del Centro y Norte del país o hacia los Estados Unidos.

2.8.3. El cambio climático y la salud humana

La Organización Mundial de la Salud (OMS) y el IPCC de las Naciones Unidas han hecho un análisis en donde señalan que el CC es responsable de un gran número de personas con diversas enfermedades, además de muertes prematuras. En general, incrementa el número de personas que sufren de enfermedades y lesiones debido a ondas de calor, inundaciones, tormentas, deslaves, fuegos y sequías; también se incrementa la carga de enfermedades diarreicas y la frecuencia de enfermedades cardiorrespiratorias debido a las concentraciones de ozono.

Se altera también la distribución de algunas enfermedades transmitidas por vectores en donde la lluvia es el factor limitante como el paludismo o el dengue; el efecto de algunas especies de polen que producen alergias y, de forma muy importante, se menciona el riesgo de muertes ante ondas de calor, en particular en personas ancianas. Además, los cambios en el clima influyen en enfermedades relacionadas con los alimentos y el agua, y puede tener efectos de baja en la producción de alimentos, en la calidad y en la cantidad del agua.

Los indicadores de salud provienen de cuatro fuentes internacionales: el Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (UNICEF), la Organización Mundial de la Salud (OMS), el Fondo de Población de las Naciones Unidas (UNFPA) y la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO).

2.8.4. Recursos hídricos y cambio climático

El IPCC publicó un documento, editado por (Bates, Z, S, & J, 2008) sobre CC y agua, en el cual se confirma lo que otros investigadores ya habían concluido anteriormente sobre el impacto que el CC va a tener sobre los recursos hídricos del planeta. Entre las conclusiones más importantes del documento destaca el hecho de que el calentamiento global observado en décadas recientes, está ligado a cambios a gran escala en el ciclo hidrológico en aspectos relacionados con el contenido de vapor en la atmósfera, cambios en los patrones de precipitación, intensidad de lluvia y tormentas extraordinarias, reducción de las capas de nieve, derretimiento de glaciares y cambios en la humedad del suelo y en los procesos de escurrimiento.

Bates y colaboradores (2008), concluyen que durante el siglo XX la precipitación aumentó en \mathcal{R} ubicadas en latitudes altas en el hemisferio Norte y que la precipitación disminuyó en \mathcal{R} ubicadas entre los paralelos 30°N y 10°S .

El hecho que la intensidad y la variabilidad de la precipitación aumenten en algunas \mathcal{R} del planeta, tendrá como resultado un mayor riesgo de inundaciones en algunos casos, y en otros, un mayor riesgo de sequías, especialmente en las zonas subtropicales. Los eventos extremos de precipitación y sequía se espera se presenten con una mayor frecuencia (Cárdenas, 2010). En un año promedio, 1000 m^3 de agua por habitante se considera como un mínimo para sustentar la vida y asegurar la producción agrícola en los países con climas que requieren riego.

En el caso particular de México, el Índice de los Recursos Renovables Reales del Agua (IRA) a nivel nacional era de $5,200\text{ m}^3$ de agua por habitante en 1993 y de $4,505\text{ m}^3$ de agua por habitante en 2004. Tal disponibilidad dista mucho de ser uniforme de una \mathcal{R} a otra (SEMARNAT-UNAM, 2007). El 50% de la población cuenta con menos del 20% de este recurso, mientras que en el sudeste del país, el 20% de la población tiene más del 50% del agua (UNAM, 2004a).

Uno de los indicadores utilizados para detectar posibles problemas de agua, es el que se refiere a la disponibilidad natural media per cápita. Cabe aclarar que la disponibilidad natural media de agua considera únicamente el agua renovable, es decir, de lluvia que se transforma en escurrimiento superficial y en recarga de acuíferos y sólo se utiliza para fines de referencia, la **Tabla 7** clasifica una \mathcal{N} o un país de acuerdo con este indicador.

Tabla 7 | Clasificación de la Disponibilidad Natural Media de Agua

Disponibilidad Natural Media Per Cápita (m ³ /hab/año)	Clasificación
1 001 a 1 700	Estrés hídrico
501 a 1 000	Escasez hídrica
Menos de 500	Escasez hídrica absoluta

Fuente: Informe sobre Desarrollo Humano 2006 (PNUD, 2006).

El crecimiento desordenado de la población en las ciudades, tiene como consecuencia la necesidad de extraer mayores volúmenes de agua del subsuelo para satisfacer la demanda de agua potable, así como la importación de agua de otros lugares o cuencas.

El grado de presión sobre el recurso hídrico o estrés hídrico se emplea en muchas valoraciones del agua para obtener un primer cálculo aproximado del nivel de presión que tiene la sociedad sobre los recursos hídricos. El estrés hídrico severo se define como una situación en la que las extracciones de agua superan el 40% de los recursos renovables. Se presupone que cuantos más altos sean los niveles de estrés hídrico más probable será que se produzcan períodos de escasez de agua.

El índice relativo de estrés hídrico (Relative Water Stress Index, RWSI), se puede definir como una relación entre el uso del agua y los recursos del agua, es decir el cociente entre el volumen total de agua concesionada (hectómetros cúbicos al año) y la disponibilidad natural media de agua (hectómetros cúbicos al año), multiplicado por 100. El estrés hídrico causa deterioro de los recursos hídricos en términos de cantidad (sobreexplotación de

acuíferos, ríos secos, entre otros) y calidad (eutrofización,²⁵ contaminación de materia orgánica, intrusión salina, entre otros) (CONAGUA, 2009a).

2.8.5. El cambio climático y la biodiversidad

El conjunto de componentes biológicos, estructuras y procesos que constituyen el total de las manifestaciones de la vida se llama biodiversidad (Noss, 1990) y el CC va a incidir directamente sobre ella. Una abrumadora evidencia sugiere que el Planeta se encuentra en la entrada de un periodo de cambios en los patrones climáticos que van a afectar de manera significativa la composición, estructura y funcionamiento (esto es, la biodiversidad) de los ecosistemas (Cárdenas, 2010).

2.8.6. Conflictos sociales y el cambio climático en México

La conflictividad social en México se constituye de una amplia gama de procesos cuya diversidad de características y circunstancias pueden ocultar las raíces comunes que comparten como expresiones de las contradicciones y desigualdades estructurales propias del sistema económico en el que está inmerso el país.

Sin duda, una de las contradicciones estructurales más graves y profundas que enfrentamos es la que existe entre el equilibrio ambiental necesario para la vida en nuestro planeta y la continua y creciente transformación y degradación de las condiciones ambientales por las prácticas capitalistas de producción y consumo que imperan en el mundo contemporáneo. El CC es uno de los principales procesos que surgen como consecuencia de esto y apenas alcanzamos a vislumbrar su magnitud (Cárdenas, 2010).

²⁵ Proceso natural en ecosistemas acuáticos, especialmente en lagos, caracterizado por un aumento en la concentración de nutrientes como nitratos y fosfatos, con los consiguientes cambios en la composición de la comunidad de seres vivos. Las aguas eutróficas en contraste con las oligotróficas son más productivas. Sin embargo, más allá de ciertos límites, el proceso reviste características negativas al aparecer grandes cantidades de materia orgánica cuya descomposición microbiana ocasiona un descenso en los niveles de oxígeno. La eutrofización se produce en muchas masas de agua como resultado de los vertidos agrícolas, urbanos e industriales

Al interior del país las desigualdades se extreman: tomando la conflictividad registrada por nuestro sistema de monitoreo de conflictos sociales como indicador, encontramos que el mayor número de conflictos medioambientales se ubican en las 5 más marginadas del país, tanto en la ciudad como en el campo. Dentro de este grupo de conflictos resaltan como protagonistas comunidades urbanas que son uno de los actores que se encuentra más frecuentemente en situación de conflicto a nivel nacional (intervienen en el 45% de los conflictos por recursos naturales); así mismo resaltan las comunidades indígenas ya que el tema ambiental está relacionado de diversas formas con el total de sus demandas (Cárdenas, 2010).

2.8.7. Costos económicos del cambio climático

El CC representa un desafío único para la economía: es la falla de mercado más grande que se haya visto nunca. El hecho que el exceso de emisiones de GEI constituya una falla de mercado implica que se producen más emisiones que las que serían rentables si la falla de mercado no existiera. Esto se debe a que los emisores de GEI no pagan sus verdaderos costos (contaminación, enfermedades, sobreexplotación de recursos, daños a ecosistemas, etc.) y éstos son transmitidos a la sociedad en forma de CC (Cárdenas, 2010).

El CC impone costos tanto a la sociedad como a los ecosistemas. El contexto socioeconómico de México y el crecimiento económico presentan inercias de uso de los recursos y servicios ambientales que los han llevado a un franco deterioro en varios casos. Esto, aunado al CC, presenta un problema serio que se debe enfrentar como sociedad.

México es un país altamente vulnerable al CC, como lo respaldan diversos estudios, algunos de los cuales señalan que la pérdida económica que un cambio en el medio ambiente podría rebasar los 6 puntos del PIB de nuestro país, e incluso, estos estudios señalan que la vulnerabilidad de México ante el CC implica que el 71% de su PIB será afectado por los impactos adversos de dicho fenómeno (CICC, 2009).

2.8.8. Impactos urbanos del cambio climático

El siglo XX fue el de la urbanización; la población urbana en el Mundo pasó de un 15% en 1890 a más del 50% en el año 2000. Las proyecciones futuras indican que este fenómeno continuará, por lo que las megaciudades se convertirán en el fenómeno urbano del siglo (ONU-Habitat, 2011a). Este acelerado proceso de urbanización ha provocado una dinámica de cambios que ha avanzado sin detenerse, imponiendo un nuevo uso del suelo que altera el funcionamiento de los sistemas ambientales y en particular del clima (Jáuregui E. , 2005). En México, en 2011, 76.9% de la población vivía en localidades urbanas y 23.1% en rurales, esto significa un cambio trascendente en el modelo demográfico, pues el país ya no es “predominantemente rural” como lo era hace 100 años. Los escenarios futuros de impactos en disponibilidad de agua, salud, o protección civil, sugieren un mayor riesgo para la población de las ciudades, principalmente entre los pobres (BM, 2012).

Los efectos de isla de calor por cambio de uso de suelo tienen una manifestación a nivel local e incluso regional que debe considerarse en materia de adaptación, pues sin duda se trata de una forma de CC (Jáuregui E. , 2005). Por ejemplo, la señal de cambio en la temperatura de la ciudad de México, fue de 3°C a 4°C durante el siglo XX. En este sentido, si las ciudades han cambiado su clima, calentándolo a través de concreto, acero y cristal en las construcciones, se puede pensar que la reforestación urbana y el cambio de estilo de construcción pueden reducir en cierta medida el calentamiento que la expansión urbana genera, convirtiéndose en formas de adaptación y, en un sentido estricto, de mitigación.

El gobierno de la ciudad de México ha iniciado la promoción de las azoteas verdes y la reforestación urbana como primeros pasos hacia la adaptación (SMA-GDF, 2012). Asimismo, el gobierno federal, a través de la SEDESOL lleva a cabo acciones de reforestación urbana tanto para fines de prevención de riesgos como para mejorar el entorno urbano (SEDESOL, 2012a).

El calentamiento urbano provoca con frecuencia la intensificación y aumento del número de eventos de precipitación intensa que han causado graves daños a la población más vulnerable, la cual los considera como manifestaciones de CC (GIZ, 2012). La

tendencia a eventos de lluvia extrema, conocidos como aguaceros, ha aumentado en prácticamente todo el país y en algunos casos se ha convertido en una amenaza de gran magnitud para la seguridad de las personas. En el Mundo muere más gente por exceso de agua que por falta del recurso (Ordaz & Zeballos, 2007).

Las **ondas de calor** (ondas cálidas) son periodos de un tiempo caluroso inusual, el cual es responsable de cifras altas de morbilidad y mortalidad, principalmente por deficiencias cardiovasculares. Se trata de un "... periodo el cual se singulariza por la presencia de varios días seguidos con valores térmicos elevados..."; es decir "... días consecutivos con temperaturas máximas superiores a un nivel de umbral, definido en referencia a el valor medio de la temperatura máxima diaria..." (Cárdenas, 2010).

La OMM no ha definido totalmente este término, cuyo significado varía en sus características e impacto en cada \mathcal{N} o localidad. De acuerdo con el cuarto reporte del IPCC (IPCC, 2007), las frecuencias de días cálidos, noches cálidas y ondas de calor se han incrementado en los pasados 50 años, mientras que la tasa de calentamiento ha sido de $0.13^{\circ}\text{C} \pm 0.03^{\circ}\text{C}$ por cada 10 años.

Para la ciudad de México, (Jáuregui O. E., 2000) considera que se presenta una onda de calor cuando la temperatura máxima rebasa los 30°C por más de dos días consecutivos.

Para la ciudad de Veracruz al determinar las ondas de calor, los datos de temperatura máxima diaria del periodo 1931-2006 se agruparon por la frecuencia con que se repetía el valor de las temperaturas más altas formando un acumulado, es decir, es el conteo de uno o varios días que alcanzaron cierta temperatura. Se contabilizó por década el número de días que sobrepasaron los 34°C , se identificó que percentil sobre pasa el umbral de los 34°C , resultando el percentil 96.

Un estudio realizado por Jáuregui en 2006 para el Noreste de México –con énfasis en Hermosillo y Mexicali– propone que una onda de calor podría ser definida por la determinación de los valores superiores a la normal durante tres o más días consecutivos; cuando la humedad es alta es probable que el tiempo caluroso cause un estrés adicional si

una onda de calor dura varios días; en su trabajo define a las ondas de calor como dos o más días consecutivos con temperaturas superiores y un umbral de clasificación de 37°C por el estrés térmico que se asocia con temperaturas por encima de la temperatura corporal (37°C). Evaluó el impacto de las ondas de calor por medio de la aplicación del concepto de temperatura aparente, es decir, es el índice de calor que incluye el efecto combinado de alta temperatura y humedad.

En específico para Mexicali, García-Cueto et al decidieron considerar como umbral el valor de 44°C, que es el percentil 90 de los datos diarios de temperatura máxima ($t_{\text{máx}}$) del verano del periodo de estudio (1951-2006). Ya que el umbral es el más alto de los encontrados en los estudios revisados previamente, se decidió que un día es suficiente para contabilizarla como onda cálida, sin importar si en días previos o posteriores se presenta un valor más bajo que el umbral elegido. Dichos autores encontraron que el verano es actualmente más caliente y más extenso de lo que era hace veinte años y se tienen 2½ veces más ondas de calor que en la década de 1971-1980.

En varios sectores es posible implementar opciones de respuesta para obtener sinergias y para evitar conflictos con otras dimensiones del D^S (Tabla 8). Las decisiones sobre políticas macroeconómicas y otras políticas no climáticas pueden afectar notablemente las emisiones, la capacidad adaptativa y la vulnerabilidad.

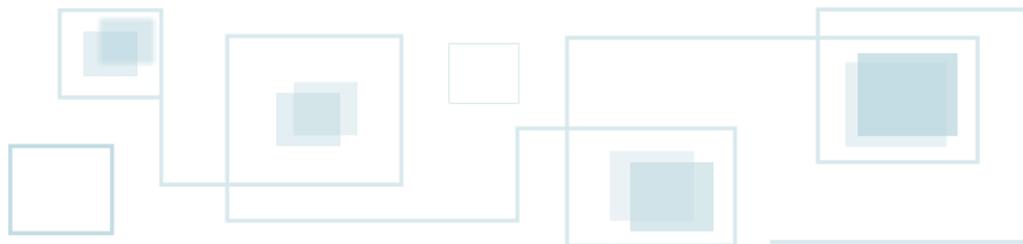


Tabla 8 | Ejemplos de Adaptación Planificada, por Sectores

Sector	Opción/Estrategia de Adaptación	Marco de Políticas Básico	Limitaciones principales y oportunidades de implementación.
Agua	Potenciación de la recogida de agua de lluvia; técnicas de almacenamiento y conservación de agua; reutilización del agua; desalación; eficiencia de uso del agua y de la irrigación.	Políticas nacionales sobre el agua y gestión integrada de los recursos hídricos; gestión de fenómenos peligrosos relacionados con el agua.	Recursos financieros y humanos, y obstáculos físicos; <i>gestión integrada de los recursos hídricos; sinergias con otros sectores.</i>
Agricultura	Modificación de las fechas de siembra y plantación y de las variedades de cultivo; reubicación de cultivos; mejora de la gestión de las tierras (por ejemplo, control de la erosión y protección del suelo mediante la plantación de árboles) (INECC, 2009c).	Políticas de Investigación y Desarrollo; reforma institucional; tenencia y reforma de la tierra; formación; creación de capacidad; aseguramiento de cultivos; incentivos financieros (por ejemplo, subvenciones y créditos fiscales).	Limitaciones tecnológicas y financieras; acceso a nuevas variedades; mercados; <i>mayor duración de la temporada de cultivo en latitudes superiores; ingresos procedentes de productos "nuevos".</i>
Infraestructura/ asentamientos (incluidas zonas costeras)	Reubicación; muros de contención marina y barreras contra mareas de tempestad; reforzamiento de dunas; adquisición de tierras y creación de marismas/humedales como retardadores del aumento del nivel del mar y de las inundaciones; protección de las barreras naturales existentes.	Normas y reglamentaciones que integren en el diseño las consideraciones sobre el cambio climático; políticas de uso de la tierra; ordenanzas de edificación; seguros.	Obstáculos financieros y tecnológicos; disponibilidad de espacio para reubicación; <i>políticas y gestiones integradas; sinergias con metas de desarrollo sostenible.</i>
Salud humana	Planes de actuación para hacer frente a los efectos del calor sobre la salud; servicios médicos de emergencia; mejora de las medidas de monitoreo y control de enfermedades sensibles al clima; agua salubre, y mejora de los saneamientos.	Políticas de salud pública que reconozcan los riesgos climáticos; consolidación de los servicios sanitarios; cooperación regional e internacional.	Límites de la tolerancia humana (grupos vulnerables); limitación de los conocimientos; capacidad financiera; <i>mejora de los servicios de salud; mejora de la calidad de vida.</i>
Turismo	Diversificación de las atracciones e ingresos turísticos; desplazamiento de las pistas de esquí a altitudes superiores y a glaciares; fabricación de nieve artificial.	Planificación integrada (por ejemplo, capacidad de transporte; vínculos con otros sectores); incentivos financieros (por ejemplo, subvenciones y créditos fiscales).	Atractivo/comercialización de nuevas atracciones; desafíos financieros y logísticos; efectos potencialmente adversos sobre otros sectores (por ejemplo, la fabricación de nieve artificial podría incrementar la utilización de energía); <i>ingresos procedentes de "nuevas" atracciones; participación de un mayor número de partes interesadas.</i>
Transporte	Reordenación/reubicación; normas de diseño y planificación de carreteras, ferrocarriles y otras infraestructuras para hacer frente al calentamiento y a los fenómenos de drenado.	Consideración del CC en las políticas de transporte nacionales; inversión en Investigación y Desarrollo en situaciones especiales (por ejemplo, áreas de permafrost).	Obstáculos financieros y tecnológicos; disponibilidad de rutas menos vulnerables; <i>mejora de las tecnologías e integración con sectores clave (por ejemplo, energía).</i>
Energía	Consolidación de la infraestructura secundaria de transmisión y distribución; cableado subterráneo para servicios públicos básicos; eficiencia energética; utilización de fuentes renovables; menor dependencia de fuentes de energía únicas.	Políticas energéticas nacionales, reglamentaciones, e incentivos fiscales y financieros para alentar la utilización de fuentes alternativas; incorporación del CC en las normas de diseño.	Acceso a alternativas viables; impedimentos financieros y tecnológicos; aceptación de nuevas tecnologías; <i>estimulación de nuevas tecnologías; utilización de recursos locales.</i>

Fuente: Tomado del Informe Síntesis del IPCC (2007a).

2.9. EL DESARROLLO URBANO SUSTENTABLE, LAS CIUDADES Y EL CAMBIO CLIMÁTICO

Las ciudades tienen un efecto polarizador; concentran la riqueza y la pobreza, pero también las oportunidades económicas, sociales y políticas. La urbanización se expresa en términos de concentración de población, cambios en el uso del suelo y expansión del espacio de vivienda (SEMARNAT, 2012a). La **forma urbana** es el resultado de una compleja interacción de presiones e influencias interdependientes: climáticas, sociales, políticas, estratégicas, estéticas, técnicas y normativas. La urbanización ha tenido efectos sobre la cohesión social y la calidad de vida de las personas, así como sobre el medio ambiente global. A escala urbana, la eficiencia energética es cada vez más acuciante, siendo parte integrada del D^S, reconociendo el impacto local, regional y global de las ciudades sobre el aire, el suelo, el agua, la vegetación, la vida animal y de la población humana ((ONU-Habitat, 2011a); (Ruano & Sanmiguel, 2010)).

2.10. Desarrollo Urbano Sustentable en situación de Cambio Climático

Henry T. Buckle sociólogo inglés del siglo XIX, en su obra Historia de la Civilización en Inglaterra (1861), expone su teoría del determinismo geográfico; es decir, de la influencia de la geografía en el hombre y, por lo tanto, en el D. Otra aportación de carácter climático se debe Ellsworth Huntington, geógrafo americano de mediados del siglo XX, quién abordó la influencia del clima en el D. Douglas H. K. Lee, profesor de climatología fisiológica y, contemporáneo de Huntington, defiende que el clima tropical no es favorable para el aumento de la productividad agropecuaria. Tanto para Buckle como para Huntington y Lee, la clave del progreso está en un clima adecuado (Hidalgo Capitán, 1998, págs. 58-59).

2.11. Gestión Ambiental

La **Gestión Medio Ambiental** es la gestión del impacto de una organización o compañía sobre el medio ambiente. En la NORMA ISO 14001, **medio ambiente** se define como el “entorno en que opera una organización, incluyendo el aire, el agua, el terreno, los recursos naturales, la flora y la fauna, los seres y su interrelación” (Hewitt & Gary, 1999). La gestión medio ambiental y su resultado deseado –mejorar la actuación medioambiental– son el proceso de reducción de los impactos medioambientales de su organización mediante el control de los aspectos de sus operaciones que causan, o podrían causar, impactos en tal medio ambiente.

La mejora de la actuación medioambiental, al igual que la mejora del rendimiento financiero o de la calidad, es el resultado de un diseño, no del azar. Al igual que todos los sistemas de gestión, un Sistema de Gestión Medioambiental (SGMA) organiza los recursos para lograr ciertos objetivos, estableciendo los procedimientos y las infraestructuras que, si se siguen y se mantienen, dará el resultado deseado. Un SGMA no es distinto. Sus recursos, objetivos, procedimientos e infraestructura se centran simplemente en la mejora de la actuación medioambiental mediante el control y la reducción del impacto medioambiental de su compañía u organización.

Así, un **sistema de gestión medioambiental** es aquel por el que una compañía controla las actividades, los productos y los procesos que causan, o podrían causar, impactos medioambientales y, así, minimizar los impactos medioambientales de sus operaciones. Los impactos serían cosas como un cambio en la temperatura de un arroyo que recibe efluente, un aumento en la tasa de asmáticos de una población local como resultado de las emisiones de gases de combustión o un terreno contaminado como resultado de una infiltración. En consecuencia, la gestión medioambiental es esencialmente la herramienta que permite controlar los aspectos y que, por tanto minimiza y/o elimina los impactos.

Los sistemas de gestión medioambiental pueden ser formales y estar normalizados como es el caso de la ISO 14001 y el EMAS.

Los sistemas de gestión medioambiental están muy relacionados con los sistemas de gestión de calidad (QMS). Son mecanismos que proporcionan un proceso sistemático y cíclico de continua mejora. El ciclo inicia con la planificación de un resultado deseado (es decir una mejora de la actuación medioambiental), implantando un plan, comprobando si el plan funciona y, finalmente corrigiendo y mejorando el plan basándose en las observaciones que surgen del proceso de comprobación.

Los **acuerdos multilaterales ambientales** corresponden a respuestas de política cuyo objetivo es proteger los bienes y los servicios ambientales de cada país que tienen efectos globales. Estos acuerdos permiten establecer mecanismos de cooperación internacional e integrar la dimensión ambiental al desarrollo, respondiendo a los diversos problemas ambientales de escala global. Estos acuerdos constituyen una fuente importante de derecho ambiental internacional y contribuyen a la generación de las políticas de cada Estado en este tema (CEPAL, 2012d).

2.11.1. La Serie ISO 140000 en la gestión ambiental

La serie ISO 140000 está constituida por normas que sirven como referencia a nivel internacional sobre administración, medición, evaluación y auditoría ambiental. Las normas no determinan metas de desempeño ambiental específicas, sino que otorgan a las organizaciones herramientas para analizar y controlar el impacto ambiental de sus actividades, productos y servicios. Por medio de la serie ISO 140000 es posible integrar los elementos de un Sistema de Gestión Ambiental (SGA) con otros requisitos de tipo administrativo, para contribuir a alcanzar las metas económicas y ambientales de la organización (Van Hoof, Monroy, & Saer, 2008).

La ISO 14001 es la primera de la serie 14000 y especifica los requisitos que debe cumplir un sistema de gestión medioambiental. La ISO 14001 es una norma voluntaria y fue

desarrollada por la *International Organization for Standardization* (ISO) en Ginebra. La ISO 14001 está dirigida a ser aplicable a “organizaciones de todo tipo y dimensiones y albergar diversas condiciones geográficas, culturales y sociales”. El objetivo general tanto de la ISO 14001 como de las demás normas de la serie 14000 es apoyar la protección medioambiental y la prevención de la contaminación en armonía con las necesidades socioeconómicas. La ISO 14001 se aplica a cualquier organización que desee mejorar y demostrar a otros su actuación medioambiental mediante un sistema de gestión medioambiental certificado.

La serie ISO 14000 incluye las siguientes normas y estándares:

Norma	Título
14001	Sistemas de gestión medioambiental: especificaciones y guía de uso.
14002	Sistema de gestión medioambiental: Pautas sobre aspectos especiales relacionados con pequeñas y medianas empresas.
14004	Sistema de gestión medioambiental: Pautas generales sobre los principios, sistemas y técnicas de apoyo.
14010	Pautas para auditorías medioambientales: Principios generales de auditorías medioambientales.
14011	Pautas para auditorías medioambientales: Procedimiento de auditoría 1ª parte: Auditorías de sistemas de gestión medioambiental.
14012	Pautas para auditorías medioambientales: Criterios de cualificación para auditores medioambientales.
14013 / 15	Pautas para auditorías medioambientales: Programas de auditoría, revisiones y evaluaciones.

2.11.2. EMAS en la gestión ambiental

A pesar que la ISO 14001 es la única norma internacional para un SGMA, hay otras normas que perciben requisitos para un SGMA funcional. Una de las primeras y más reconocidas normas es el EMAS, una reglamentación de la Unión Europea relacionada con los Sistemas de Gestión Medioambiental. Se trata de la reglamentación del Consejo No.1836/93 del 29 de junio de 1993, que permite la participación voluntaria de las compañías de los sectores industriales en un Programa Europeo de Ecogestión y Ecoauditoría (EMAS). El EMAS requiere que los estados miembro establezcan estructuras administrativas de apoyo para el programa y permite que las compañías participen de forma voluntaria.

El objetivo global del EMAS era cumplir con la obligación de la Comunidad Europea de desarrollar “una política y acciones relacionadas con el medio ambiente y el desarrollo sostenido” (Hewitt & Gary, 1999). El EMAS reconoce que la industria tiene su propia responsabilidad para gestionar el impacto medioambiental de sus actividades y, por tanto debería:

- Adoptar un enfoque activo en este campo.
- Prevenir, reducir y, en la medida de lo posible, eliminar la contaminación, particularmente en su fuente de origen.
- Asegurar una gestión sólida de recursos.
- Emplear tecnologías limpias o más limpias.

2.11.3. Normalización para la eficiencia energética en México

En México, la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE) es un órgano administrativo desconcentrado de la Secretaría de Energía, cuenta con autonomía técnica y operativa. Tiene por objeto promover la eficiencia energética y constituirse como órgano de carácter técnico, en materia de aprovechamiento sustentable de la energía. La CONUEE queda constituida a partir de la entrada en vigor de la Ley para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía, publicada el 28 de noviembre de 2008, en donde se establece que todos los recursos humanos y materiales de la Comisión Nacional para el Ahorro de Energía (CONAE) se entenderá asignados a esta nueva Comisión (Estrada, 2012).

Por **aprovechamiento sustentable de la energía** se entiende el uso óptimo de la energía en todos los procesos y actividades para su explotación, producción, transformación, distribución y consumo, incluyendo la eficiencia energética. Dentro del marco vigente, se entiende por eficiencia energética todas aquellas acciones que conlleven a una reducción económicamente viable de la cantidad de energía necesaria para satisfacer las necesidades energéticas de los servicios y bienes que requiere la sociedad, asegurando un nivel de calidad igual o superior y una disminución de los impactos ambientales negativos

derivados de la generación, distribución y consumo de energía. Quedando incluida, la sustitución de fuentes no renovables por fuentes renovables de energía.

En el Mundo es evidente que existe un incremento constante en la demanda de energía. En nuestro país poco más del 85% de los energéticos (Díaz, 2012) provienen de recursos naturales no renovables, principalmente hidrocarburos y carbón. Una de las alternativas que permitan contribuir en la preservación de dichos recursos naturales, ha sido el diseño de Normas Oficiales Mexicanas de Eficiencia energética, (NOM-ENER²⁶) que regulen los consumos de energía de aquellos aparatos que, por su demanda de energía y número de unidades requeridas en el país, ofrezcan un potencial de ahorro cuyo costo-beneficio sea satisfactorio para el país y los sectores de la producción y el consumo.

Por ejemplo, la normalización para la eficiencia energética en edificios representa un esfuerzo encaminado a mejorar el diseño térmico de edificios y lograr la comodidad de sus ocupantes con el mínimo consumo de energía (Secretaría de Energía. Comisión Nacional para el Ahorro de Energía., 2001). En este sentido la NORMA (NOM-008- ENER-2001) optimiza el diseño desde el punto de vista del comportamiento térmico de la envolvente,²⁷ obteniéndose como beneficios, entre otros, el ahorro de energía por la disminución de la capacidad de los equipos de enfriamiento y un mejor confort de los ocupantes. La NORMA se aplica a todos los edificios nuevos y ampliaciones de edificios existentes; quedan excluidos los edificios cuyo uso principal sea industrial o habitacional, para esto último se pueden consultar otras normas referentes a edificios como las descritas en la **Tabla 9**.

²⁶ Las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) son especificaciones técnicas, accesibles al público, elaboradas con la colaboración y el consenso de los involucrados; de aplicación obligatoria para todos los productos e instalaciones en la República Mexicana comprendidos en su campo de aplicación.

²⁷ La envolvente de un edificio está formada por techo, paredes, vanos, piso y superficies interiores que forman el espacio interior de un edificio.

Tabla 9 | Otras Normas Oficiales Mexicanas en Eficiencia Energética

NORMA	DESCRIPCIÓN
NOM-007-ENER-2004	Eficiencia energética en sistemas de alumbrado en edificios no residenciales.
NOM-008-ENER-2001	Eficiencia energética en edificaciones, envolvente de edificios no residenciales.
NOM-013-ENER-2004	Eficiencia energética para sistemas de alumbrado en vialidades y áreas exteriores públicas.
NOM-018-ENER-2011	Aislantes térmicos para edificaciones. Características, límites y métodos de prueba.
NOM-020-ENER-2011	Eficiencia energética en edificaciones, Envolvente de edificios para uso habitacional.

FUENTE: http://www.conuee.gob.mx/wb/CONAE/CONA_1002_nom_publicadas_vigen.
(Actualización 01/02/2012)

2.12. Planeación Urbana y Cambio Climático

Los Atlas de Riesgo, además de cumplir una función encaminada a la respuesta frente a peligros naturales con acciones de remediación, también sirven para definir estrategias de planeación a mediano y largo plazos. Las reformas a la Ley General de Protección Civil plantean que es obligación de los desarrolladores de infraestructura asegurar que los cambios en el uso de suelo consideren el riesgo y los peligros naturales que pudieran ocurrir; destaca la creación de una Escuela Nacional de Protección Civil y de un Fondo Estatal de Protección por entidad federativa (Presidencia de la República, 2012).

Asimismo, la Ley General de Cambio Climático obliga a los municipios a diseñar y publicar los atlas de riesgo que consideren los escenarios de vulnerabilidad actual y futura ante el CC y a utilizar la información contenida en los atlas de riesgo para el diseño de los planes de desarrollo urbano, reglamentos de construcción y ordenamiento territorial (DOF, 2012a).

El gran reto de las ciudades medias en México, es considerar los diversos escenarios de su condición de riesgo futuro que incluya el CC, tanto por efectos globales como por efectos locales, así como su condición de vulnerabilidad actual y futura. Sin duda, las proyecciones demográficas serán factor decisivo en cuanto al tipo de acciones que se lleven a cabo, pero los escenarios deben considerar las posibles acciones de planeación para mostrar los beneficios de la adaptación frente a CC. La población en general es vulnerable

a los impactos de fenómenos extremos, pero lo son más los niños y los adultos mayores por algunas de sus características. En el 2010, 10% de la población era mayor de 60 años, pero en un par de décadas los adultos mayores serán casi un 18% de la población total (CIEP, 2012) y hacia el 2050 la cifra podría ser cercana a 25%, lo que significa que en el futuro esta población será más vulnerable ante condiciones de clima extremo.

Las dinámicas de orden económico y social requieren integrarse a la restructuración del modelo de crecimiento urbano. La Dirección General de Investigación de Ordenamiento Ecológico y Conservación de los Ecosistemas, del INE lleva a cabo estudios sobre el ordenamiento ecológico general del territorio.

El 7 de septiembre de 2012, se expidió el Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT) y es el instrumento de política ambiental cuyo objeto es regular el uso del suelo y las actividades productivas con el fin de lograr la protección del medio ambiente, la preservación y el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, a partir del análisis de las tendencias de deterioro y las potencialidades de aprovechamiento de los mismos. El Programa está conformado por diez lineamientos ecológicos y 44 estrategias contenidas en tres grandes temas de acción: Sustentabilidad Ambiental del Territorio, Mejoramiento del Sistema Social e Infraestructura Urbana y el Fortalecimiento de la Gestión y la Coordinación Institucional; impulsa estrategias para enfrentar el CC y de manera particular para la adaptación ante éste. Se destacan algunas de las acciones que incluye:

- Fortalecer las capacidades de prevención, control, mitigación y seguimiento de emergencias mediante la aplicación de programas para eventos como: huracanes, incendios forestales, sequía e inundaciones.
- Evaluar los impactos de las emisiones y el efecto que produciría el CC en las áreas naturales protegidas (ANP), ecosistemas y en la abundancia relativa de especies prioritarias para la conservación.

- Reforestar tierras preferentemente forestales con especies nativas, apropiadas a las distintas zonas ecológicas del país y acordes con los cambios en las tendencias climáticas.
- Participar en los programas de investigación, sobre las causas y efectos de los fenómenos naturales, el perfeccionamiento de monitoreo y alertamiento de la población y los turistas en los destinos turísticos más vulnerables del país.
- Promover el desarrollo y fortalecimiento de capacidades de adaptación al CC, mediante la reducción de la vulnerabilidad física y social; y la articulación, instrumentación y evaluación de políticas públicas, entre otras.
- Apoyar a los productores afectados por fenómenos climatológicos extremos y reintegrarlos a sus procesos productivos (DOF, 2012b).

A partir del 1° de enero de 2011 entró en operación el Programa de Prevención de Riesgos en los Asentamientos Humanos (PRAH) que opera la Dirección General de Desarrollo Territorial de la SEDESOL. Este Programa permite financiar Atlas de Riesgos y obras de mitigación de riesgos en los asentamientos humanos como estabilización de laderas, encauzamiento de ríos, reforestación urbana con fines de prevención, entre otras acciones que contribuyen con la adaptación de los asentamientos humanos al CC (DOF, 2010b).

Por otro lado, la SEDESOL publicó recientemente unos “Criterios de Adaptación al Cambio Climático en los Instrumentos de Planeación Urbana”, así como una “Guía de Acciones Municipales frente al cambio climático”, donde se profundiza en el papel de la planeación urbana para adaptarse mejor al CC, y toda vez que la administración del desarrollo urbano es la más importante de los municipios (SEMARNAT, 2012a).

2.13. La Vulnerabilidad de las Ciudades

Las **ondas de calor** y los **aguaceros** se han convertido en un peligro para la población, por lo que protección civil y sectores como salud e hídrico, entre otros, han definido estrategias

para reducir el riesgo de desastre. Como parte del estudio Pobreza Urbana y Cambio Climático para la Ciudad de México, se realizó un análisis de vulnerabilidad y riesgo ante CC a nivel de áreas geo-estadísticas básicas (AGEB), que estableció que más de un millón de habitantes y más de doscientas mil viviendas, se localizan en zonas de riesgo de deslizamiento por lluvias intensas relacionado con la pendiente del terreno. La caracterización y la cuantificación de la vulnerabilidad permite mostrar con detalle espacial las zonas que requieren de ordenamiento territorial, como medida de adaptación, para reducir la probabilidad de desastre (Baker, 2012).

La gestión de riesgo ante estos cambios locales del clima requiere de una respuesta por parte de las autoridades municipales y son éstas las que han comenzado a buscar formas de adaptación que den mayor seguridad a sus ciudadanos, y encuentran un contexto más apropiado para la acción. Las ciudades de tamaño mediano (entre 500,000 y 1,000,000 hab) y grande buscan la forma de disminuir la ocurrencia frente a los desastres de origen hidrometeorológico más comunes como son las inundaciones, los deslizamientos de laderas, las ondas de calor y de frío. La mayor parte de las respuestas que pueden considerarse de adaptación frente a condiciones extremas del clima consisten en medidas estructurales (drenaje, bordos o presas), pero también se trabaja en las no-estructurales, como son las acciones que incrementan la resistencia y la resiliencia²⁸ de las ciudades como una forma más eficiente ante inundaciones (Sistema de Alerta Hidrometeorológica).

Los programas de gestión de riesgo o de adaptación frente a CC podrán tener mejores resultados si se consideran los instrumentos de planeación urbana como los Programas de Desarrollo Urbano, los Atlas de Riesgo y Peligros y los Programas de Ordenamiento Ecológico y Territorial de los que ya se comienzan a reportar diversos esfuerzos. Sin embargo, las presiones de orden económico y social han sido una limitante para lograr una reestructuración en el modelo de crecimiento urbano, por lo que es necesario el fortalecimiento de capacidades en la materia.

²⁸ Resiliencia: La capacidad de un sistema, comunidad o sociedad expuestos a una amenaza para resistir, absorber, adaptarse y recuperarse de sus efectos de manera oportuna y eficaz, lo que incluye la preservación y la restauración de sus estructuras y funciones básicas.

2.14. Ciudades Resilientes al Cambio Climático

El Marco de Acción de Hyogo 2005-2015 (UNISDR, 2005): “Aumento de la Resiliencia de las Naciones y las Comunidades ante los Desastres” (MAH), fue aprobado por los estados miembros de las Naciones Unidas en 2005 y, desde entonces, ha servido de guía para las políticas nacionales y las organizaciones internacionales en sus esfuerzos por reducir substancialmente las pérdidas ocasionadas por las amenazas naturales. Este marco de acción es completo y aborda la función de los estados y de las organizaciones regionales e internacionales de hacer un llamado a la sociedad civil, representantes del ámbito académico, organizaciones de voluntarios y sector privado para que aúnen esfuerzos en este sentido. Promueve la descentralización de la autoridad y de los recursos para impulsar la reducción del riesgo de desastres a nivel local ((Badilla Alán, 2009); (Gobierno Federal, 2012); (ISDR, 2009); (ONU, 2012a); (UNISDR, 2005)).

Como parte de una visión más general para hacer que las ciudades de todo tamaño y perfil sean más resilientes y más habitables, se pueden aplicar estrategias y políticas para atender cada uno de los problemas que contribuyen al riesgo de desastres, (ONU, 2012a). Para entender que los desastres “no son naturales” es importante considerar los elementos del riesgo. El riesgo es una función de la amenaza (un ciclón, un terremoto, una inundación, o un incendio por ejemplo), la exposición de la población y sus bienes a la amenaza, y de la situación de vulnerabilidad a la que se expone la población y sus activos. Estos factores no son estáticos y se pueden mejorar, dependiendo de la capacidad institucional e individual de hacer frente y/o de actuar para reducir el riesgo. Los modelos sociales y ambientales de pueden aumentar la exposición y la vulnerabilidad, por lo tanto pueden agravar el riesgo (Ecuación 1).

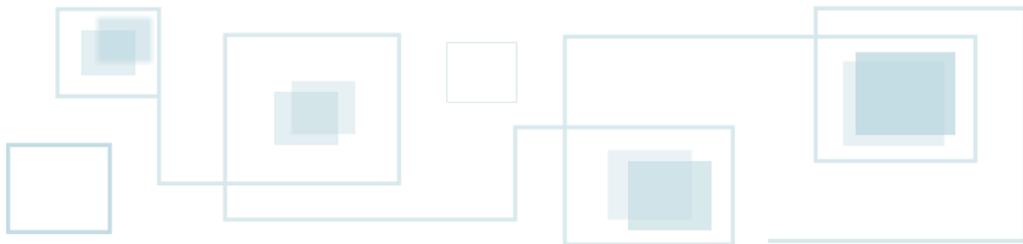
Ecuación 1 | Función del Riesgo de Desastre

$$\frac{\text{Amenaza} \times \text{vulnerabilidad} \times \text{exposición}}{\text{Resiliencia o capacidad de afrontamiento}} = \text{Riesgo de desastre}$$

2.15. Modelo Prismático de la Sustentabilidad

El modelo prisma conceptual de sustentabilidad que establece Godschalk 2004 citado por la Universidad de Illinois (University of Illinois, 2006), explica las prioridades divergentes y puntos de reconciliación entre los actores de la planificación de uso de suelo, ilustrando tres principales contradicciones entre los objetivos del D^S (véase la **Figura 15**):

- El **conflicto de propiedad** entre el C^E y la distribución equitativa de las oportunidades surge de demandas sobre los usos de la propiedad: como un bien privado (por ejemplo, la tierra) que se utilizarán con fines de lucro y, al mismo tiempo, la facultad de intervención del gobierno para asegurar qué prestaciones sociales se les da a la misma propiedad (por ejemplo, requieren viviendas accesibles para los pobres).
- El **conflicto de recursos** entre el D^E y la sustentabilidad ecológica surge de demandas sobre el consumo de recursos naturales y la preservación de su capacidad para reproducirse. La cuestión es determinar qué cantidad de los recursos explotados deben ser consumidos para garantizar un rendimiento sustentable.
- El **conflicto de desarrollo** entre la equidad social y la preservación del ambiente surge de las necesidades que compiten para mejorar las condiciones de vida de los pobres a través del C^E al tiempo que protege el ambiente. La injusticia ambiental está en el conflicto ya que las comunidades pobres de minorías a menudo se enfrentan a la elección entre la supervivencia económica y la calidad ambiental.



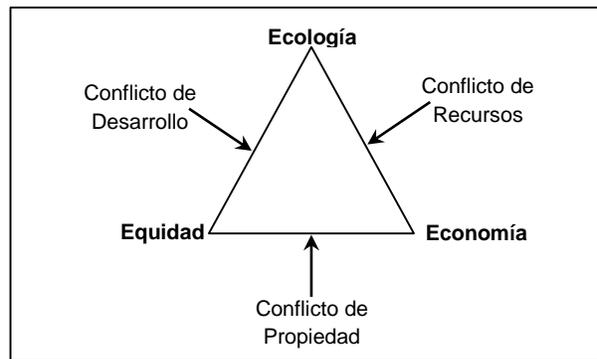


Figura 15 | Contradicciones Principales del Desarrollo Sustentable

Fuente: *Urban Land Use Planning* (2006) citando a Godschalk (2004).

Sin embargo, el modelo no abarca los conflictos asociados con el objetivo de **comunidad habitable** que está relacionada con los movimientos cada vez más influyentes en la práctica la planificación contemporánea. Habitabilidad abarca dos dimensiones características del entorno construido enfatizado por las tres E (economía, ecología y equidad) del D^S y los aspectos tridimensionales del espacio público, sistemas de movimiento, y el diseño del edificio (University of Illinois, 2006).

El prisma de la sustentabilidad hace explícita la interacción entre los valores centrales (véase **Figura 16**). Los puntos del prisma ilustran los principales valores de la equidad, la economía, la ecología y la habitabilidad. Los ejes de conexión representan la interacción entre los valores. En el fondo del prisma se encuentra el esquivo, quizás utópico, lo ideal sería área urbana sustentable (y habitable). No sólo el prisma nos recuerda que la planificación del uso del suelo debe hacer frente a un mundo espacial en tres dimensiones, sino que también ofrece una estructura para identificar y abordar los conflictos de valores inherentes a las diferentes visiones.

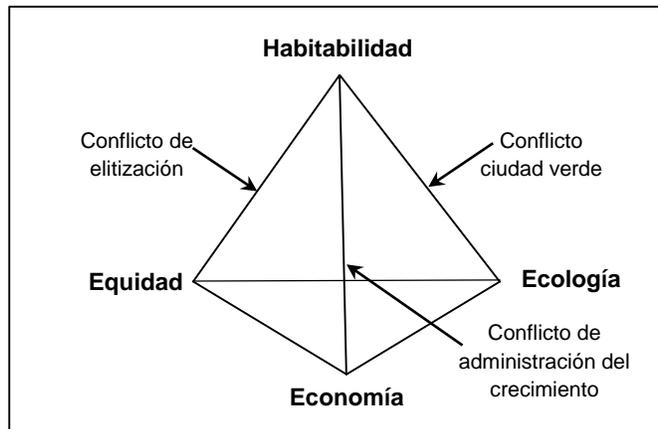


Figura 16 | Prisma de la Sustentabilidad y sus Principales Valores

Fuente: *Urban Land Use Planning* (2006) citando a Godschalk (2004).

Los conflictos de valores entre la habitabilidad y el entorno de economía, y los valores de equidad surgen en cada eje del prisma:

- Las tensiones entre la habitabilidad y el resultado del C^E en el **conflicto de administración del crecimiento**, surge de las creencias que compiten en la medida en que el \mathcal{D} no administrado, sólo agradecido con los principios del mercado, puede ofrecer una alta calidad de condiciones de vida.
- Las tensiones entre la habitabilidad y el resultado ecología en el **conflicto ciudades verdes**, surge de las creencias que compiten en la primacía de lo natural versus el entorno construido.
- Las tensiones entre la habitabilidad y la equidad en el resultado de **conflicto de elitización**, surge de las creencias que compiten en la preservación de las colonias urbanas más pobres para el beneficio de sus poblaciones actuales frente a su reurbanización y mejora de atraer población de ingresos medios y la clase alta al nuevo centro de la ciudad.

La escala es un factor crítico en la evaluación de los conflictos de valores. La CMMAD y el enfoque de \mathcal{D} con la sustentabilidad hacen hincapié en el vínculo entre los problemas mundiales y locales, tal como se indica en la frase ampliamente publicitada, "piensa globalmente, actúa localmente".

El Banco Mundial (BM) aborda el concepto de D^S y señala que la satisfacción de las necesidades del futuro depende de cuánto equilibrio se logre entre los objetivos – o necesidades – sociales, económicas y ambientales con las decisiones que se toman ahora. Algunas de estas necesidades las incluye en el diagrama rompecabezas, representado en la **Figura 17**.

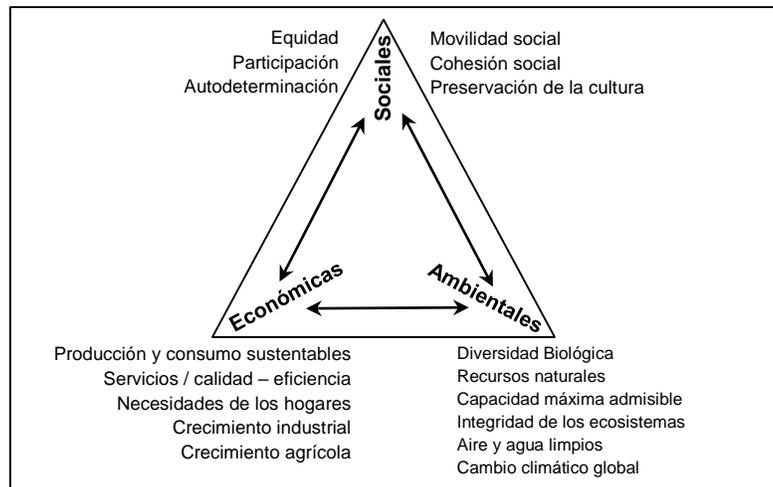


Figura 17 | Desarrollo Sustentable: Equilibrio de Necesidades Sociales, Económicas y Ambientales

Fuente: *Urban Land Use Planning* (2006) citando a Godschalk (2004).

2.16. Modelo para el Análisis del Cambio Climático y el Desarrollo

El CC posee cualidades complejas, pues muchos de sus efectos no solo provienen de la actividad humana, sino también resultan de las \mathcal{R} s naturales afectando las \mathcal{R} s sociales. Este argumento descarta la posición del anti-desarrollo que tiende a considerar el CC como un ECO exclusivamente.

De igual manera, la C^J de la problemática actual de la \mathcal{R} (crecimiento de la población, problemas con los sistemas de salud, crisis alimentaria, CC, conflictos regionales, desempleo, emigración, etc.), están exigiendo que la valoración del D^R deba realizarse de una manera multicausal, multifuncional, multidisciplinaria e interregional, incluyendo variables económico-sociales, ambientales, territoriales, infraestructura y servicios, por lo

cual el paradigma del D^R clásico requiere readecuarse, realimentarse con nuevos conceptos que rebasen lo estrictamente económico y territorial con que surgió. Lo mismo ocurre con el paradigma clásico del D^S , el cual, por ser un paradigma armónico, sólo permite incluir la problemática del CC como una **distorsión** de la propia teoría.

En ambos casos, el CC puede incorporarse al análisis como una variable **interviniente** lo que posibilita la generación de nuevos indicadores de los ECOs, conflictos y turbulencias sociales que el CC tiende a ocasionar en las R s y prever, con ello, un mejor entendimiento de la R , que pueda conducir al análisis de cómo mejorar la armonía de las R sociales, así como la creación de políticas públicas específicas para mejorar el bienestar y la calidad de vida de su población. En ambos casos, la el enfoque de la C^J viene a enriquecer los modelos de interpretación que derivan hasta ahora de ambos paradigmas.

Los trabajos en equipos, redes regionales de investigadores que emplean la tecnología moderna satelital, de internet, de cálculos matemáticos euclidianos y no euclidianos, mapeo en tiempo real, financiada por múltiples organismos, puede ayudar aún más en esta tarea. Su objetivo debe ser, más allá del aporte de elegantes colecciones de datos y buenos propósitos, lograr que verdaderamente el D^R propicie la felicidad y el bienestar de todas las R s y todos sus ciudadanos con criterios técnicamente posibles, económicamente viables, socialmente aceptables, ambientalmente amigables, y regionalmente adaptables a los cambios que cotidianamente demandan las turbulencias de la R en todos sus ámbitos, especialmente las derivadas del CC, que se ha convertido en una variable compleja interviniente del D^R .

El modelo teórico para la presente investigación, se ha definido tomando como base los modelos del D^S , el prismático de la sustentabilidad y el ambiental de PER en su versión original (ver **Figura 18**). Para ilustrar la presencia de los componentes del desarrollo urbano sustentable (DUS) en un marco conceptual, se plasmaron las tres dimensiones involucradas en torno a tal concepto: DUS en el ámbito social, DUS en el ámbito económico y DUS en el ámbito ambiental. Los indicadores del DUS en sus tres ámbitos conforman subíndices, que

a su vez integran el índice de desarrollo urbano sustentable (I_{BUS}) en cada una de las CdO durante el periodo de 2000 a 2015, los cuales se detallan en el Capítulo III.

En otras palabras, el concepto se refiere a un enfoque integrado del desempeño económico y ambiental, conformando un área de factibilidad, donde el crecimiento económico debería ser suficiente para resolver el problema de la pobreza y paralelamente sustentable para evitar una crisis ambiental, considerando además tanto la equidad entre las generaciones presentes como la equidad intergeneracional que involucra los derechos de las generaciones futuras.

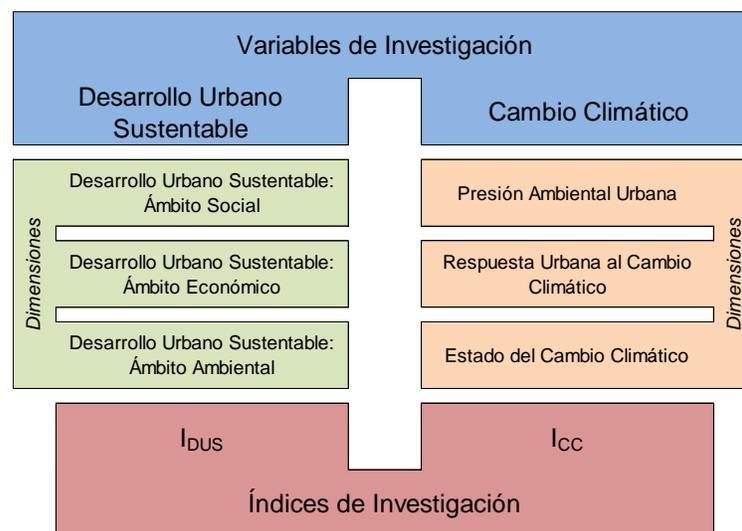


Figura 18 | Modelo Teórico de la Investigación

Fuente: El autor.

Por otra parte, siendo la variable CC de tipo ambiental, se establece con las relaciones siguientes: actividades humanas inherentes al DU las que ejercen presión sobre el ambiente, contribuyendo con ello al fenómeno de CC; es decir, el estado de CC en las ciudades; la sociedad responde a tales transformaciones con políticas generales y sectoriales, tanto ambientales como socioeconómicas, las cuales afectan y se retroalimentan de las presiones de las actividades humanas. Aquí, se plantea una relación

III EL CONTEXTO DE LAS CIUDADES DE OAXACA, MÉXICO



Catedral de Oaxaca de 1535, Centro Histórico de Oaxaca, Oaxaca; febrero, 2018

III. EL CONTEXTO DE LAS CIUDADES DE OAXACA, MÉXICO

El Estado Libre y Soberano de Oaxaca²⁹, políticamente está dividido en 30 distritos, 570 municipios (24% de los municipios del país) y cuenta con más de 11 000 localidades (INEGI, 2011b). Su nombre proviene del náhuatl *huaxyacac*, que significa “en la nariz de los huajes”. Ubicada en la porción meridional de la República Mexicana, limita al norte con Veracruz y Puebla, al este con Chiapas, al sur con el Océano Pacífico y al oeste con Guerrero. Las coordenadas extremas de Oaxaca son: al norte 18° 39’ y al sur 15° 39’ de latitud norte; al este 93° 52’ y al oeste 98° 32’ longitud oeste. Cuenta con una superficie de 95 364 km², que representa el 4.8% del territorio nacional. Su capital es la ciudad de Oaxaca de Juárez, considerada Patrimonio Cultural e Histórico de la Humanidad.

Oaxaca cuenta con una regionalización económica que reconoce ocho regiones: Cañada, Costa, Istmo, Mixteca, Papaloapan, Sierra Norte, Sierra Sur y Valles Centrales. El estado está habitado por 16 grupos culturales: amuzgos, chatinos, chinantecos, huaves, ixcatecos, mazatecos, mixes, mixtecos, nahuas, triquis, zapotecos, zoques y popolocas. La diversidad de regiones ha influido en la fragmentación de jurisdicciones de este estado, lo que incide en aspectos económicos y sociales del mismo (UNAM, 2000b).

La heterogeneidad en el desarrollo económico en Oaxaca, conduce a definir **regiones nodales** o **polarizadas**, cuyas relaciones se revelan en fenómenos de flujo. Estos no se producen en el espacio al mismo tiempo y ritmo; y normalmente, los flujos más intensos tienden a polarizarse hacia y desde los nodos dominantes; por lo general, en las ciudades de mayor tamaño del nodo, e inversamente con la distancia hacia la cual deja sentir su influencia. Los flujos que definen las características y relaciones de una región nodal pueden referirse a aspectos como la densidad de población, corrientes migratorias, desplazamientos diarios al trabajo, flujos de mercancía, servicios y densidad de las llamadas telefónicas, entre otros (Miguel A. E., 2004).

²⁹ Creado por decreto del H. Congreso de la Unión el 3 de febrero de 1824.

Así, el área de este estudio corresponde a las siguientes ciudades en Oaxaca: Zona Metropolitana de Oaxaca (ZMO), Zona Metropolitana de Tehuantepec (ZMT), Ciudad Ixtepec (Ix), Heroica Ciudad de Huajuapán de León (Hj), Heroica Ciudad de Juchitán de Zaragoza (Jc), Loma Bonita (L/B), Matías Romero Avendaño (MM), Miahuatlán de Porfirio Díaz (Mh), Ocotlán de Morelos (Oc), San Juan Bautista Tuxtepec (Tx), Puerto Escondido (P/E), Heroica Ciudad de Tlaxiaco (TI), Crucecita (Cr) y Santiago Pinotepa Nacional (Pn) (**Figura 19**); es decir, 14 ciudades comprendidas en 37 municipios de Oaxaca. Las ciudades de estudio en el censo del 2010 registraron más de 15 000 habitantes, este tamaño demográfico presenta regularidad de las características urbanas, tales como concentración de actividades no rurales, de servicios e infraestructura, en todo el país (**INEGI-INE, 2000**). En los siguientes apartados se contextualiza cada una de las ciudades objeto de estudio, como preámbulo en el contraste de las hipótesis de investigación.

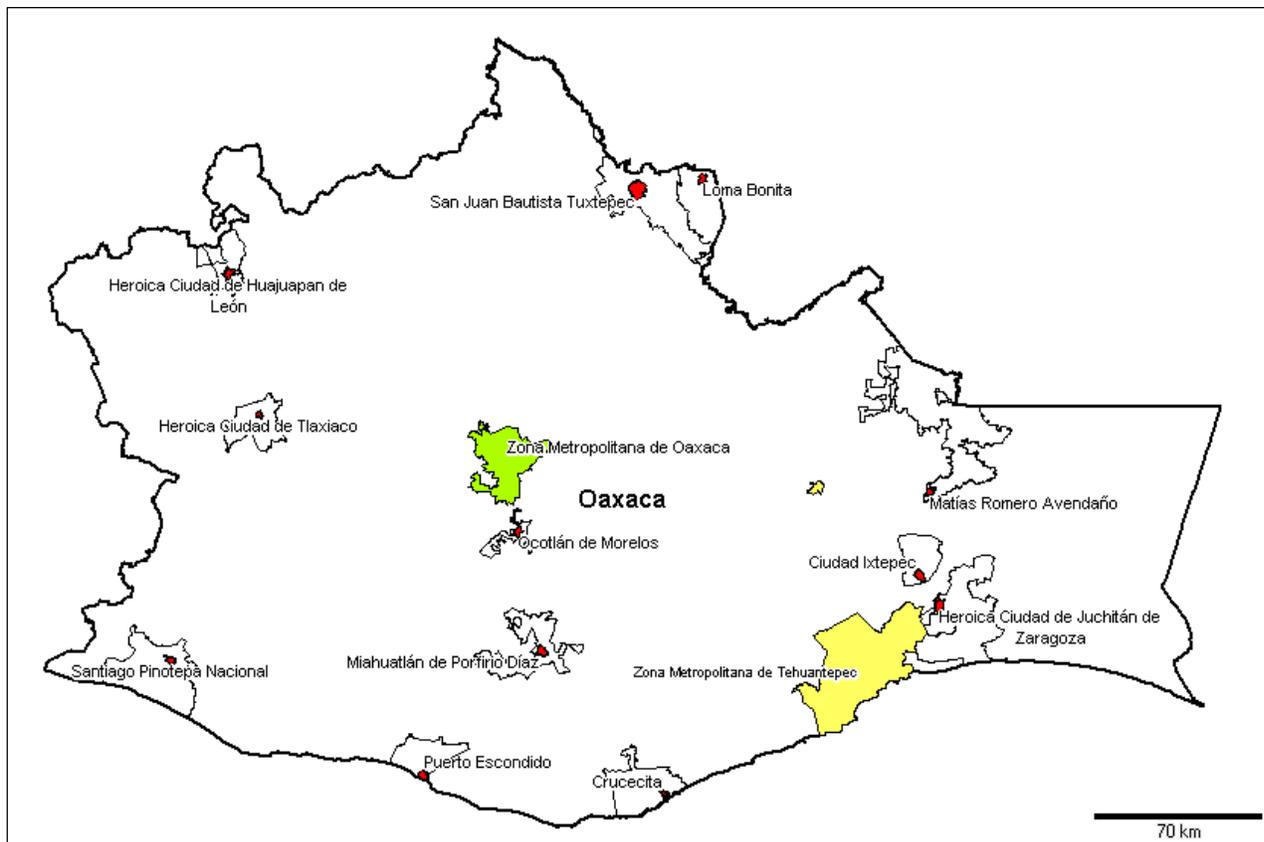


Figura 19 | Ciudades en Oaxaca (CdO)

Fuente: El autor a partir del Marco Geoestadístico de México 2013 (INEGI, 2013a).

3.1. La Zona Metropolitana de Oaxaca

La ZMO se integra con 22 municipios del estado de Oaxaca (SEDESOL-CONAPO-INEGI, 2012): Oaxaca de Juárez, San Agustín de la Juntas, San Agustín Yatareni, San Andrés Huayápam, San Antonio de la Cal, San Bartolo Coyotepec, San Jacinto Amilpas, Ánimas Trujano, San Lorenzo Cacaotepec, San Pablo ETLA, Villa de ETLA, San Sebastián Tutla, Santa Cruz Amilpas, Santa Cruz Xoxocotlán, Santa Lucía del Camino, Santa María Atzompa, Santa María Coyotepec, Santa María del Tule, Santo Domingo Tomaltepec, Soledad ETLA, Tlaxiáctac de Cabrera y Villa de Zaachila (**Figura 20**). Según el Marco Geoestadístico Nacional (INEGI, 2013a), cuenta con 312 localidades (29 urbanas y 283 rurales). El nombre de Oaxaca se adopta de la ciudad central que da origen a la ZMO. Se ubica en la región de los Valles Centrales del estado de Oaxaca, con coordenadas extremas: al norte $17^{\circ} 12' 55''$ y al sur $16^{\circ} 53' 11''$ de latitud norte; al este $96^{\circ} 31' 26''$ y al oeste $96^{\circ} 51' 33''$ longitud oeste. Cuenta con una superficie de 602.7 km^2 , que representa el 0.63 % del territorio estatal.

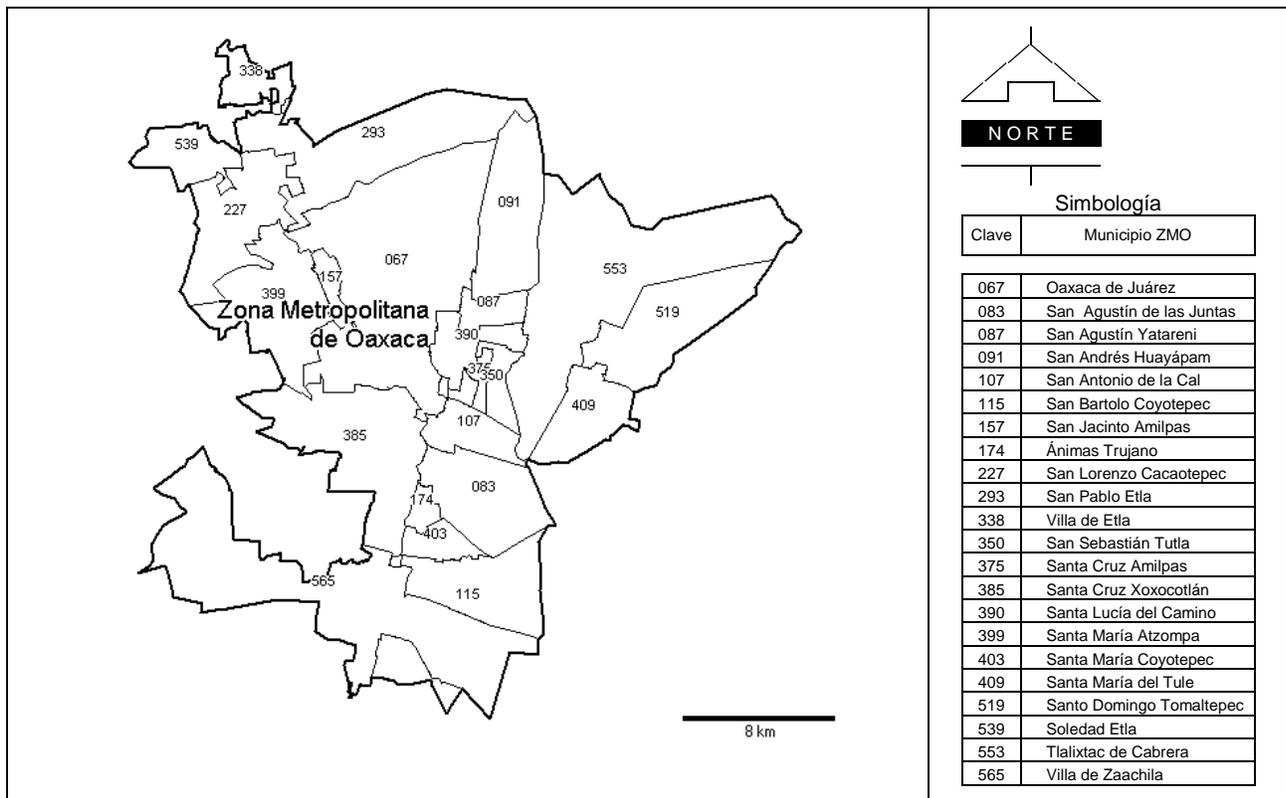


Figura 20 | La Zona Metropolitana de Oaxaca: Conformación Municipal

Fuente: El autor a partir del Marco Geoestadístico de México 2013 (INEGI, 2013a).

3.2. La Zona Metropolitana de Tehuantepec

La ZMT la integran 3 municipios del estado de Oaxaca (SEDESOL-CONAPO-INEGI, 2012): Salina Cruz, San Blas Atempa y Santo Domingo Tehuantepec (Figura 21). Según el Marco Geoestadístico Nacional (INEGI, 2013a), cuenta con 140 localidades (5 urbanas y 1353 rurales). El nombre de Tehuantepec se adopta de la ciudad central que da origen a la ZMT. Se ubica en la región Istmo del estado de Oaxaca, con coordenadas extremas: al norte 16°27'26" y al sur 15°57'50" de latitud norte; al este 95°4'24" y al oeste 95°37'0" longitud oeste. Cuenta con una superficie de 1 537.8 km², que representa el 1.61 % del territorio estatal.

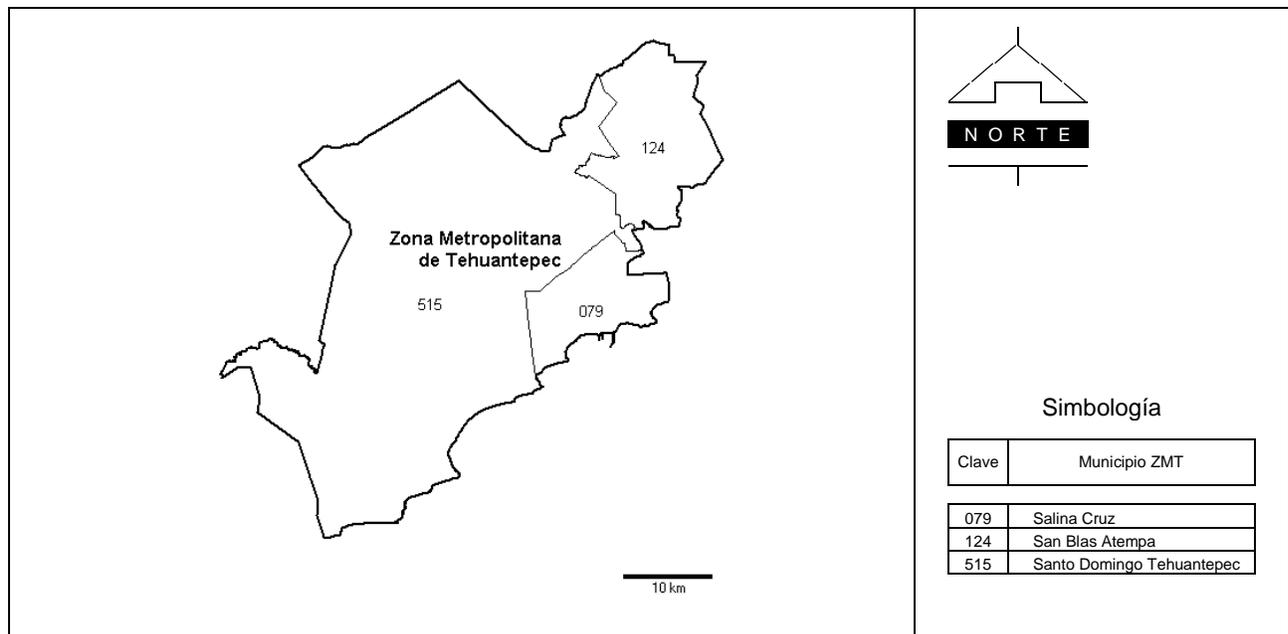


Figura 21 | La Zona Metropolitana de Tehuantepec

Fuente: El autor a partir del Marco Geoestadístico de México 2013 (INEGI, 2013a).

3.3. Ciudades de 15 a 100 mil Habitantes en Oaxaca

Ciudad Ixtepec, Heroica Ciudad de Huajuapán de León, Heroica Ciudad de Juchitán de Zaragoza, Loma Bonita, Matías Romero Avendaño, Miahuatlán de Porfirio Díaz, Ocotlán de Morelos, San Juan Bautista Tuxtepec, Puerto Escondido, Heroica Ciudad de Tlaxiaco, Crucecita y Santiago Pinotepa Nacional, se registran en el Censo de Población y Vivienda 2010 y en el Marco Geoestadístico 2013 del INEGI como localidades urbanas. Representan

además, cabeceras municipales y son el nombre del municipio, excepto las ciudades de Puerto Escondido y la Crucecita. Se ubican en las regiones de la Costa (3), Istmo (3), Mixteca (2), Papaloapan (2), Sierra Sur (1) y Valles Centrales (1) del estado de Oaxaca (Tabla 10). De estas ciudades, San Juan Bautista Tuxtepec tiene mayor superficie territorial y con áreas menores aparecen la Heroica Ciudad de Tlaxiaco y la Crucecita.

Tabla 10 | Ciudades en Oaxaca: Ubicación Regional y Superficie Territorial

Ciudad	Coordenadas Geográficas			Región en Oaxaca	Superficie Territorial (km ²)
	Latitud Norte	Longitud Oeste	Altitud msnm		
Ciudad Ixtepec	16°33'46"	95°06'00"	61	Istmo	14.08
Heroica Ciudad de Huajuapán de León	17°48'14"	97°46'33"	1,584	Mixteca	15.50
Heroica Ciudad de Juchitán de Zaragoza	16°26'00"	95°01'10"	20	Istmo	16.38
Loma Bonita	18°06'25"	95°52'50"	30	Papaloapan	10.78
Matías Romero Avendaño	16°52'20"	95°02'30"	198	Istmo	8.96
Miahuatlán de Porfirio Díaz	16°19'42"	96°35'46"	1,558	Sierra Sur	14.70
Ocotlán de Morelos	16°47'29"	96°40'30"	1,513	Valles Centrales	10.48
San Juan Bautista Tuxtepec	18°05'10"	96°07'26"	20	Papaloapan	41.69
Puerto Escondido	15°51'43"	97°04'18"	65	Costa	12.04
Heroica Ciudad de Tlaxiaco	17°16'10"	97°40'45"	2,063	Mixteca	5.76
Crucecita	15°46'08"	96°08'06"	35	Costa	5.17
Santiago Pinotepa Nacional	16°20'17"	98°03'01"	199	Costa	9.25

Fuente: El autor con información del INEGI [(2005b) y (2013a)].

3.4. Origen en la Fundación de las Ciudades en Oaxaca

Para obtener un análisis de contextualización temporal, este apartado integra los eventos más importantes ocurridos en la fundación de las zonas metropolitanas y de las ciudades que en 2010 contenían más de 15 000 hab en el estado de Oaxaca.

3.4.1. Antecedentes en la fundación de la Zona Metropolitana de Oaxaca

Municipio de San Sebastián Tutla. Su nombre significa “donde abundan los Tules”; se compone de *tullin*, “Tule”, y de *tla*, sufijo que denota abundancia. La historia arqueológica de San Sebastián Tutla, inició en la misma época en que se fundó la antigua ciudad de

Monte Albán 500 años a.C., esto significa que hace 2500 años generaciones humanas, establecieron sus primeras casas en las faldas de los cerros, según los vestigios arqueológicos encontrados en esas zonas. En 1521 cuando los españoles llegaron al valle de Oaxaca, encontraron a la gente viviendo en ranchos y aldeas, el marqués de Cuilápam mandó a poblar los valles, el cual recibió el título de San Francisco Tutla, este nombre lo llevó hasta finales del año 1650.

Municipio de Santa Cruz Xoxocotlán. Xoxocotlán se compone de Xoxocotl (duplicativo de *xocotl*, “fruto ácido o agridulce”), “fruto muy ácido o agridulce”, y de *Tlan*, “junto, entre”, y significa “junto a los frutos muy ácidos o agridulces”. La fundación de Xoxocotlán se remonta al arribo de la cultura Mixteca a lo que hoy se conoce como Monte Albán. De acuerdo con el historiador Francisco Javier Clavijero, los primeros en habitar esta área fueron los Mixtecos que vinieron de Achiutla y Tilantongo enviados por Szahuindanda en 1067 a.C. La propia ciudad fue fundada unos 400 años más tarde. El nombre de Xoxocotlán le fue puesto probablemente durante las incursiones militares de los mexicas y el establecimiento de su guarnición militar en Huaxyacac que mantuvieron hasta la época de la conquista, mismo que se conserva hasta la fecha.

Municipio de San Bartolo Coyotepec. Su nombre se integra con San Bartolo por San Bartolomé el santo del pueblo y Coyotepec que significa “en el cerro del coyote”; de: *Coyotl*, “coyote”; de *Tepetl*, “Cerro” y de *C* “en”. San Bartolo Coyotepec es de origen prehispánico y por hallazgos arqueológicos encontrados se sabe que fue un asentamiento zapoteca; en la primera expedición española a Oaxaca en 1521 fue nombrado San Jacinto Leóntepec. Este pueblo se distinguió por su trazo y por su bonanza como una ciudad. En este lugar pasó el General Vicente Guerrero cuando lo llevaron preso hacia el pueblo de Cuilápam, también estuvo el general Porfirio Díaz escondido durante su persecución en tiempos de la invasión francesa.

Municipio de San Agustín de las Juntas. Adoptó su nombre por la devoción de los pobladores a San Agustín Obispo, y el calificativo de “las Juntas” porque en este municipio se da la unión o se “juntan” los ríos Salado y Atoyac. San Agustín de las Juntas es

asentamiento zapoteco de origen prehispánico, siempre ha sido un pueblo agricultor, su templo se fundó en 1600. En la época de la Revolución Mexicana, por un acto considerado como un agravio al gobierno, se le castiga al municipio por varios periodos, suspendiendo su categoría y considerándole como agencia municipal de Santa Cruz Xoxocotlán; sin embargo, por gestiones de la propia comunidad vuelve a reconocérsele como municipio libre.

Municipio de Santa María Coyotepec. El nombre de Santa María es por la virgen María; Coyotepec, significa “en el cerro del coyote”, por la abundancia que en épocas pasadas hubo del coyote en ese lugar, se compone de *Coyotl*, “coyote”, *Tepetl*, “cerro” y *C*, “en”. La población de Santa María Coyotepec, formaba parte de una sola comunidad cuyo nombre antiguo zapoteco de hace más de 500 años era *zaa-peche*, del *zaa*- cerro y *peche*- coyote, que traducido quiere decir Cerro del Coyote, cuando los guías aztecas mostraron a los españoles estas regiones, cambiaron los nombres al idioma de ellos por eso esta comunidad se conoce ahora con el nombre de Coyotepec. Durante los siglos XVII, XVIII, y XIX, sucede una reorganización después de la llegada de los españoles y el sincretismo cultural necesario que debió suceder paulatinamente durante el siglo XIX. Santa María Coyotepec forma una sola comunidad, toda vez que había sido considerada como un barrio, al unirse el barrio Gallo, barrio de San Pedro y barrio de Santa Isabel los cuales conformaron la comunidad de San Bartolo Coyotepec.

Municipio de San Pablo Etlá. Su nombre se integra con Etlá que significa “donde abunda el frijol”, se compone de las voces *Etl*, “frijol” y *Tlá*, “abundancia” y San Pablo en honor a los 12 apóstoles de la religión Católica. De acuerdo a documentos históricos se señala que San Pablo Etlá fue colonizado, 40 años antes que la ciudad de Oaxaca fuera fundada. En 1686 se realizó la medida y límite del pueblo, esto se realizó en presencia del Capitán Don Antonio Avellan y Carrasco, Alcalde Mayor de las cuatro Villas del Marquesado y con asistencia de sus ministros. Anteriormente, carecía de nombre y no se hablaba el español, pues era el tiempo de los aztecas; a este lugar llegaron dos misioneros de Asia: Pablo y Pedro, que vinieron buscando un clima natural más o menos en el año 410, quienes tardaron 40 años midiendo el territorio de San Pablo Etlá, y de ahí se trasladaron a Zaachila. Estas personas

fueron quienes evangelizaron primero a San Agustín, trayendo el castellano y posteriormente evangelizaron lo que hoy es la Ciudad de Oaxaca, es por esto que fue en honor a San Pablo, que se le denominó a este municipio, San Pablo Etlá.

Municipio de Santa María Atzompa. Atzompa significa “en la cumbre del agua”, se compone de *Atl*, “agua”; *Tzontle* “cabellera, altura y cumbre”, en sentido figurado y *Pan*, “en o sobre”; se le agrega Santa María ya que religiosamente se venera a la Virgen María, llamada Virgen de la Asunción, en la cabecera municipal. Se cree que el municipio fue fundado por los mixtecos en el año de 1400 o antes, vestigios y asentamientos en el cerro mogote al sureste del municipio, conocido hasta la fecha como cerro del bonete, y que ahora es una zona arqueológica, la cual fue descubierta por Alfonso Caso cuando descubrieron las pirámides y ruinas de Monte Albán. Según la leyenda de la historia del pueblo, desde 1686 ya los artesanos pintaban su losa de colores con la cochinilla (plaga que afecta al nopal) y a través del tiempo después de la conquista ya se empezaron a usar colores brillantes.

Municipio de Oaxaca de Juárez. Oaxaca, palabra derivada de la lengua náhuatl *huaxyacac*, que significa “en la nariz de los guajes”. El municipio fue fundado en 1486 por los guerreros de Ahuizotl. La ciudad fue trazada el 13 de julio de 1529, por Juan Peláez de Berrio y declarada Villa por mandato real, el 14 de septiembre de 1526. El 25 de abril de 1532 se le concedió el título de Ciudad mediante cédula expedida por el Emperador Carlos V, recibiendo el título de “muy noble y leal ciudad”, llamándola **Antequera**, nombre que en 1821 fue sustituido por Oaxaca. En 1872, a la muerte de Don Benito Juárez, y en su honor, el municipio recibió el nombre que actualmente ostenta Oaxaca de Juárez. Por su gran belleza y estado de conservación, su Centro Histórico y la Zona Arqueológica de Monte Albán fueron declarados por la UNESCO, en 1987, Patrimonio Cultural de la Humanidad (Gobierno de Oaxaca, 2014).

Municipio de San Antonio de la Cal. San Antonio por ser el Santo Patrón del pueblo San Antonio Abad. Y “de la Cal” en vista de que este lugar está provisto de zonas ricas en materia prima para producir la cal, sus familias se dedicaron a procesarla y comercializarla, como

principal fuente de sustento, se dice que esta actividad propició el crecimiento del pueblo y dio origen al nombre del municipio. Del municipio se sabe que en 1525 salieron varias familias de San Miguel Tilquiapan o San Miguel Minas para fundar la población; en el año de 1580, fue considerado y declarado como tal; en vista de que este lugar está provisto de zonas ricas en materia prima para producir la cal, para la construcción y otras actividades cotidianas, estas familias se dedicaron a procesarla y comercializarla, como principal fuente de sustento, se dice que esta actividad propició el crecimiento del pueblo y dio origen al nombre del municipio, del cual hasta hace poco gran parte de la población se dedicó a la quema de piedra para la cal, siendo el menor porcentaje que se dedicó a la agricultura.

Municipio de Santa María del Tule. Recibe el nombre de Santa María por la patrona del lugar, la virgen María; *Tule* palabra que viene del vocablo Náhuatl que significa: “Espadaña”, proviene de *Tulle* o *Tullin* que es el nombre de una “planta llamada Espadaña”. Las personas de Santa María el Tule, ancestralmente fueron artesanos de la cal que la fabricaban en hornos muy rudimentarios en las faldas del cerro en terrenos comunales y cuyo producto lo traían a la Ciudad de Oaxaca para su venta de donde obtenían los medios económicos para subsistir, posteriormente con la dotación del ejido en 1926 dejan la fabricación de cal, y se convierten en campesinos con cultivos como maíz, frijol, garbanzo, alfalfa, que hoy se ven afectados.

Municipio de Villa de Zaachila. Zaachila, conforme con la lengua zapoteca, significa “larga hoja de verdolaga”. Sus raíces son: *zaachi* - verdolaga, y *la* - larga hoja. Zaachila fue la última capital zapoteca después de la caída de Monte Albán. La cronología del sitio está comprendida entre los años 1100 al 1521 d.C. Zaachila, “casa de Zaachila” es la denominación que toma en relación el rey precolombino de los zapotecas, llamado Zaachila Yoo. La zona explorada parcialmente, comprende una pirámide artificial y una serie de montículos, donde destaca el montículo “a” que está integrado por aposentos y cuatro tumbas, dos de estas muy interesantes por su contenido.

Municipio de San Agustín Yatareni. Yatareni proviene de *Guetareni* que significa “tortilla de sangre”, se compone de *Gueta*: tortilla y *Reni*: sangre y San Agustín en honor a San Agustín Obispo.

Municipio de San Andrés Huayápam. En náhuatl Huayápam significa “sobre el mar”, proviene de las palabras *hueyatl*: mar, y *pan*: sobre. Dado que el municipio se encuentra alejado de la costa se considera al nombre únicamente conmemorativo.

Municipio de San Jacinto Amilpas. Amilpas significa en náhuatl “lugar sobre las cementeras”.

Municipio de Ánimas Trujano. Ánimas por ser el nombre del barrio al que pertenecía la población y Trujano porque en los tiempos de la independencia, un personaje desconocido por los habitantes de esta población, llegó a esta y se le dio posada; al retirarse, llegó la noticia que este personaje había sido asesinado por las tropas de la corona española y que su nombre era Valerio Trujano y en honor a ese héroe de la independencia de México, se le agregó a Ánimas lo de Trujano.

Municipio de San Lorenzo Cacaotepec. San Lorenzo en honor al Santo Patrón y Cacaotepec es una variación de cacahuatepec, que significa "en el cerro del cacao", se forma de los vocablos *cacahuatl* "cacao" y *Tepetl* "cerro". Uno de los caciques trajo una mata de cacao, lo cual era muy raro ya que esta planta se desarrolla en otro tipo de clima y de ahí se tomó el nombre de San Lorenzo Cacaotepec.

Municipio Villa de Etna. En lengua náhuatl significa E-tlan: *etl* frijol; *tlan*, partícula abundancia: (lugar donde abundan los frijoles o lugar de frijolar, en lengua zapoteca es conocida como *Loohvana*) o lugar de mantenimiento haciendo referencia a la fertilidad y riqueza que ofrecía esta región a nuestros antepasados.

Municipio de Santa Cruz Amilpas. Amilpas significa “en la cementera del agua”, se compone de las voces *atl*- agua, *milli*- cementera y *pan*- en o sobre.

Municipio de Santa Lucía del Camino. El municipio lleva el nombre en honor de la patrona de los ciegos y de las modistas.

Municipio de Santo Domingo Tomaltepec. Tomaltepec significa: “en el cerro de los tomates”, proviene de *Tomatl*, “tomate”, *Teperl*, “cerro” y *C*, “en o sobre”.

Municipio de Soledad Etna. Se le denomina Soledad en honor a la Virgen de la Soledad de la religión católica y Etna que proviene de *Etl-* frijol; y *tna*; lugar de.

Municipio de Tlalixtac de Cabrera. Tlalixtac significa: “en la tierra blanca”, se compone de *Tlalli*, “tierra”, *Iztac*, “blanca” y *C*, “en”.

Zona Metropolitana de Oaxaca. La ZMO desde el año 2004, la SEDESOL, la CONAPO y el INEGI la definieron con 18 municipios de Oaxaca (los de la **Figura 20**), excepto San Lorenzo Cacaotepec, Soledad Etna, Villa de Etna y Villa de Zaachila), con datos del XII Censo General de Población y Vivienda 2000. Dada su importancia y oportunidad, en 2007 se actualizó la delimitación de las ZMs a partir de los resultados del II Censo de Población y Vivienda 2005, la ZMO se forma de 20 municipios (municipios de la **Figura 25**, excepto Soledad Etna y la Villa de Etna).

Desde el ejercicio 2005, han ocurrido cambios estructurales, como son el crecimiento demográfico de la mayoría de las ZMs, la construcción de grandes desarrollos habitacionales en la periferia que han inducido la expansión urbana en municipios incorporados al universo metropolitano, el levantamiento del Censo de Población y Vivienda 2010, la aparición de temas emergentes como el crecimiento verde y el impacto del CC, el consenso sobre el papel creciente de las ZMs como motores del desarrollo económico y social de los países, y la consolidación del Fondo Metropolitano como mecanismo de financiamiento; así, la ZMO se integra de 22 municipios mismos que se representan en la **Figura 20**.

3.4.2. Antecedentes en la fundación de la Zona Metropolitana de Tehuantepec

Municipio de Santo Domingo Tehuantepec. La palabra Tehuantepec proviene del náhuatl *Tecuaní*: “fieras” y *Tepetl*: “cerro”, significa: “Cerro de las Fieras”. Fray Bartolomé de las Casas a su paso por éstas tierras le adjudicó el nombre de Santo Domingo en honor a la congregación dominica que radicaba en este lugar. Los historiadores coinciden en que la fundación de Tehuantepec, se señala en 1496, cuando los zapotecas, llegados de Zaachila o Teozapotlan triunfaron sobre los aztecas, en la batalla de Guiengola (piedra Grande), batalla que es significativa porque en esa fecha surge la estirpe zapoteca tehuana, con el matrimonio entre Cosijoeza Rey zapoteca vencedor y la princesa coyolicatzin, hija de Ahuizotl Rey azteca, cuyo pacto de sangre termina con la batalla y hace surgir la nueva descendencia que puebla el valle de guisí'i, a la rivera de su río y en las faldas del Daní Quiee Bedxe, con el Reinado primero de Cosijoeza quien lo otorga en sucesión a su hijo Cosijopíi. Con la llegada de los españoles, Tehuantepec recibe el nombre igualmente de Villa de Guadalcazar que le designa pedro de Alvarado, y disposiciones oficiales posteriores de rango constitucional le dan su nombre actual.

Municipio de Salina Cruz. Su nombre significa una Cruz en las Salinas, una versión ya aceptada, relativo a una cruz de varas encontradas en el corazón del manto salinero de las Salinas del Marques amarrada para la misma sal cristalizada. Después de la conquista armada y espiritual del Istmo de Tehuantepec, Hernán Cortes descubrió la Ventosa y aprovechando la buena madera de sus bosques, construyó sus bergantines y se lanzó al Océano Pacífico, llegando a descubrir el Golfo del mar de Cortes y de California. En funciones llegaron grupos étnicos tales como zoques, chontales, huaves y zapotecas, predominando estos últimos. Fue así que Salina Cruz llega a ser poblada, hasta el año de 1904 es elevada a la categoría de nobilísima ciudad y puerto de Salina Cruz. En el año de 1907 llegó a Salina Cruz Porfirio Díaz, el cual, seguro de la riqueza de este puerto puso en marcha la Línea Férrea del Istmo uniendo a Salina Cruz y Puerto de México; unión de dos océanos o mares, el Pacífico y el Atlántico, para el transito comercial marítimo de México con las naciones hermanas del viejo mundo. Con todo este movimiento el Puerto de Salina

Cruz abarca una época de oro, de esplendor y prosperidad; alcanzando un papel muy importante en la expropiación petrolera.

Municipio de San Blas Atempa. Su nombre significa “a la orilla del río”, su etimología es *atoyac*: “río”, *tentli*: “borde” u “orilla” y *pan*: “sobre”. San Blas Atempa, comenzó a fundarse en el año de 1530, en un principio fue barrio de Tehuantepec; su categoría de pueblo la obtiene en 1869, siendo jefe político Don Luis Santibáñez, en cuya época se le expiden sus títulos por decreto el 19 de octubre de 1868.

3.4.3. Antecedentes ciudades de más de 15 000 habitantes

La fundación de **Ciudad Ixtepec** se cree que data del siglo XVI como asentamiento zapoteca anterior a la conquista. Al municipio se le conocía como “Iztepeque” pasando por diferentes denominaciones, en 1935 se le reconoce como Ciudad Ixtepec. Para el siglo XIX, era una comunidad indígena cuya economía era basada en la subsistencia. A principios del siglo XX cuando Ciudad Ixtepec alcanzó gran importancia económica debido a su ubicación geográfica, que permitía un lazo comercial de gran relevancia. Con la introducción de inversiones extranjeras, se constituye una opción como vía de comunicación, culminando como estrategia capitalista con la construcción del ferrocarril panamericano.

Juchitán, se funda en 1480 por soldados del monarca zapoteco Cosijopí y el Congreso Local lo declara municipio el 15 de marzo de 1825 por el Decreto número 47. La historia de Juchitán se pierde en la oscuridad de los tiempos, pues sólo consta que en 1484 era conocido por los mexicanos con el nombre Ixta-Cuachitlán que fue conquistado por Axayacat rey de México, después de Cosijoeza, Rey de Zaachila, quien lo mandó a poblar como una colonia de Zaachila; se pobló por los zaachileños en 1502.

El 8 de noviembre de 1906 es emitido por el Congreso del Estado, el Decreto con el cual se crea el municipio de Matías Romero; el 3 de junio de 1950, por Decreto, Matías Romero obtiene la categoría de ciudad. Fue hasta el 8 de febrero de 2002 que el Congreso

emite el Decreto mediante el cuál se acuerda adicionar, el apellido Avendaño al nombre del municipio; así, esta ciudad adquiere el nombre de Matías Romero Avendaño.

Huajuapán surgió aproximadamente en el año 400 a. C., siendo sus primeros pobladores los *N̄uu Yate* (gente antigua); la cultura mixteca tuvo varios centros de población entre ellos Huaxuapán. En esos tiempos y hasta la llegada de los españoles sus pobladores se encontraban en las faldas del Cerro el Sombrerito y en Acatlím; fungiendo como centro político, religioso, cultural y comercial en la región. Posiblemente, desde 1521 estuvo bajo control Español. En 1561 nace la comunidad de Huajuapán en el lugar en que se encuentra ubicado actualmente. En el movimiento de Independencia Huajuapán fue escenario de hechos sobresalientes.

La fundación de Tlaxiaco data del siglo XII. En 1548 se realizó el cambio de asentamiento en donde está actualmente. A mediados del siglo XVIII, en Tlaxiaco crece la siembra de grana sencilla y servilletas. En 1812, el generalísimo Morelos, concedió el título de generala a la Sra. María Nava de Catalán originaria de Tlaxiaco, esposa del general Catalán, quien murió luchando por la Independencia. Ella junto con otras mujeres ofrecieron a sus hijos varones al ejército insurgente. Morelos llega a Tlaxiaco en marzo de 1813. El 29 de abril de 1824 se llevó a cabo la “batalla del cerro encantado” en contra de los realistas, saliendo victoriosos los nativos de este lugar.

La fundación de Miahuatlán se remonta a la época prehispánica, según lo muestran los vestigios arqueológicos. El primer documento de la época virreinal, data del siglo XVI y se llama “Registro de Miahuatlán y su partida”. Durante la Independencia, varios miahuatecos se incorporaron a las fuerzas del Gral. José María Morelos y Pavón, animados por el P. Manuel Sabino Crespo, párroco de Río Hondo. El 3 de octubre de 1866, las fuerzas republicanas, con el apoyo de los miahuatecos, derrotaron al Ejército Imperial, iniciando con esta una serie de victorias que culminó con la derrota y el fusilamiento de Maximiliano. Durante el período de 1919 a 1941, Miahuatlán participó en la guerra de “La Soberanía”. El reparto agrario, durante el régimen del Gral. Lázaro Cárdenas, transcurrió sin mayores conflictos. El 7 de marzo de 1970, Miahuatlán es el punto principal de observación del

eclipse solar, que convocó a miles de visitantes siendo declarada Miahuatlán “Capital científica del mundo”.

Santiago Pinotepa Nacional, en tiempo del gobierno virreinal, llevó el nombre de “Pinotepa del Rey”, luego “Pinotepa del Departamento” después de la Independencia se denominó “Pinotepa del Estado” y finalmente “Pinotepa Nacional”. El 25 de julio de 1986 la cámara de diputados local declara a Pinotepa Nacional como Ciudad del Estado de Oaxaca.

El 26 de mayo de 1526 se fundó la comunidad de Tuxtepec, dándole el título de Villa de Medellín en recuerdo a la patria de Hernán Cortés. A partir de entonces los españoles se posesionaron de estas tierras e introdujeron la esclavitud. De los años de 1521 a 1711 las enfermedades endémicas diezmaron a los habitantes de Tuxtepec en alto porcentaje. Debido a las grandes inundaciones muchas familias emigraron a otras comunidades más seguras. En el año 1717 se le puso el nombre de San Juan Bautista a Tuxtepec, debido a un influyente personaje proveniente de Usila, lugar al que pertenecía. Tuxtepec se elevó de Villa a Ciudad el 28 de abril de 1928, Tuxtepec se ha convertido en la ciudad más importante de la Cuenca del Papaloapan.

Loma Bonita, fue en principio una colonia de norteamericanos jóvenes, que en tierras del bajo Papaloapam fundaron varios campamentos y se dedicaron a la agricultura en una zona rica en bosques de maderas preciosas, frutales, cafetales y cocoteros. El poblado se originó entre las haciendas de Pedro Salomón y de Provo Medina, al construirse a principios del siglo XX el ferrocarril de Veracruz a Suchiate. Tiempo después, arribaron algunas compañías norteamericanas como: *Kansas Land Company* y *The Mexican Agricultural and Land Company*, adquiriendo grandes extensiones de tierra cada una; del mismo modo, otros particulares como el Dr. Paul G. Mangle, Mrs. Louis and Lang, entre otros ciudadanos norteamericanos, decidieron colonizar esta región, motivados por su gran riqueza y por las ventajas de su clima cálido, favorable para la agricultura que deseaban establecer. Al mismo tiempo, pobladores de rancherías cercanas se trasladaban a este lugar mejor comunicado o a causa de otras circunstancias particulares. Al principio, su pobladores (alrededor de 50 familias), se dedicaron al cultivo de café, mango, maíz, plátano y cítricos. La piña, principal

producto de esta región, fue introducida por norteamericanos de la compañía Morrison en Cosolapa, Oaxaca y Tezonapa, Veracruz, en el año de 1903. La variedad que trajeron directamente de Hawai, era la llamada Cayena Lisa, que por sus características de calidad y resistencia era la de mayor demanda en los mercados de fruta fresca, así como en los mercados industriales de los Estados Unidos de Norteamérica.

Ocotlán se cree que se origina con un núcleo familiar establecido en las faldas del cerro o loma Tortolita a 2 km del actual Ocotlán. En 1535 Ocotlán tenía 200 habitantes, conformado por nobles y plebeyos. En 1556, después de fundación legal, fray Fernando de Albuquerque traslada a terrenos planos dicha población debido a que el lugar inicial era húmedo y algunos habitantes resultaban enfermizos, por lo que se procuró trasladarlos a mejores lugares, iniciándose la población actual de Ocotlán, esto bajo influencia de los españoles quienes consigo traían planos de las principales calles, mercado, jardín y templo parroquial. Antes que la iglesia se construyó el convento, quedando en varias ocasiones la obra inconclusa debido a la falta de mano de obra. Una de las causas de la deserción para construir el templo fue el haber descubierto minas cercanas, ya que los peones se fueron a trabajar en éstas conocidas como Santa Catarina; allá se fueron los indígenas con el sueño de hacerse ricos rápidamente, pero sólo encontraron hambre y muerte, ya que los españoles los explotaban, originando que casi todos los habitantes en edad de trabajar murieran. A principios del siglo XIX Ocotlán fue de las últimas parroquias que tuvieron los dominicos, manteniéndose hasta el 9 de febrero de 1855, siendo el último fraile Feliciano Paz.

3.5. Ambiente Natural

3.5.1. Flora y fauna

La vegetación del estado de Oaxaca contiene una importante riqueza y diversidad biológica representada en diferentes asociaciones de plantas (UNAM, 2004b). El bosque de abetos u oyameles se distribuye en la Sierra Madre de Oaxaca, particularmente en el Cerro San Felipe, estableciéndose entre los 2 500 y 3 000 m. Estos bosques están compuestos por ejemplares de 30 a 40 m de altura de *Abies hickelii* y *Pinus spp.*

Los Encinares están bien representados en el estado, pues ocupan varias áreas; entre otras, en la Sierra Madre de Oaxaca, en los Valles Centrales en los distritos de ETLA, Centro y Zaachila. Usualmente se desarrollan entre 1 600 y 2 900 m. Las especies de estrato arbóreo varían de acuerdo con la región; en general está formado por árboles de 4 a 20 m de altura correspondientes a varias especies de encinos. Los arbustos forman un estrato de 2 a 5 m de altura. En esta vegetación son comunes las plantas trepadoras.

Los Pinares se distribuyen en grandes extensiones de la Sierra Madre de Oaxaca en las zonas montañosas de la ZMO. Estos bosques se desarrollan entre los 300 y 3 000 m. La composición florística de los pinares varía según la región: pueden estar compuestos exclusivamente por pinares del género *Pinus* o compartir hábitats con especies de otros géneros (UNAM, 2004b). El estrato principal está compuesto por árboles de 8 a 20 m de altura, entre los que sobresalen especies del género *Pinus*.

Con respecto a la fauna en Oaxaca, entre las regiones con mayor riqueza de invertebrados y vertebrados (considerando que existen zonas sin explorar), se encuentra la Sierra Madre de Oaxaca. Los tipos de vegetación que albergan la mayor diversidad faunística son: el bosque mesófilo de montaña; el bosque de coníferas, incluyendo los bosques de pino y pino-encino; el bosque tropical perennifolio y el bosque tropical caducifolio. En la ZMO se tienen estas condiciones de ubicación, vegetación y de fauna.

3.5.2. Tipo de suelo

El suelo es una de los recursos naturales más importantes para el desarrollo sustentable de los ecosistemas naturales y antropogénicos (Dumanski, S, & C, 1998). La cartografía edáfica del INEGI (1982-1988) a escala 1:250 000, registra para la ZMO 9 unidades de suelo: Acrisol, Cambisol, Feozwm, Fluvisol, Litosol, Luvisol, Regosol, Rendzina y Vertisol. Los Regosoles con el 40 % aproximadamente, son la unidad de suelo más ampliamente distribuida en la zona. Las unidades poco representadas son: Cambisol, Feozem, Fluvisol, Litosol y Rendzina, con menos del 10% en conjunto.

3.5.3. Clima en la ZMO

Inmersa en la complejidad de las condiciones ambientales que imperan en el estado de Oaxaca, destaca su diversidad climática, atribuida a factores como la posición geográfica, el intrincado relieve, la exposición a los sistemas meteorológicos (Tabla 11) que se desarrollan tanto en la vertiente Pacífica como en la del Golfo, las corrientes marinas y la temperatura del Océano, entre otras. Lo anterior permite la presencia de condiciones térmicas y de humedad contrastantes en el territorio oaxaqueño, así como diferencias en el comportamiento y distribución de la temperatura y la lluvia a lo largo del año.

Durante el llamado **verano** o temporada de lluvias, esto es, la mitad caliente del año (aproximadamente entre mayo y octubre), dominan los sistemas tropicales asociados al corrimiento hacia el norte de las celdas de alta presión (que se localizan sobre los océanos) (Hartman, 1994), y por consiguiente de todo el sistema de vientos, lo cual incluye los vientos alisios³⁰ que en esta época dominan en la República mexicana (UNAM, 2004b).

Tabla 11 | Sistemas Meteorológicos: Mixteca y Valles de Oaxaca

Sistema Meteorológico	Sistema Meteorológico (%)		
	Anual	May-oct	Nov-abr
Vientos alisios y ondas del este	48.0	60.7	20.8
Zona intertropical de convergencia	11.0	16.0	0.5
Ciclones en el Golfo	0.8	1.1	0.0
Ciclones en el Pacífico	6.7	8.9	2.0
Circulación Monzónica del Pacífico	5.0	6.0	2.9
Convección	0.9	0.4	2.0
Circulación del oeste y corriente de chorro	5.4	0.8	15.3
Nortes	22.2	6.1	56.5

Fuente: Tomado del libro "Biodiversidad de Oaxaca" (UNAM, 2004b).

En ésta misma época, la Zona Intertropical de Convergencia (ITC, por sus siglas en inglés), que es la zona de inestabilidad tropical provocada por las altas temperaturas ecuatoriales, se desplaza hacia el Norte (Robinson & Henderson-Sellers, 1999) y, en

³⁰ Los vientos alisios y las ondas del este soplan de una dirección NE o E y recogen la humedad del Golfo de México, y barren en este caso el estado de Oaxaca.

ocasiones, prácticamente cubre el Estado propiciando la presencia de lluvias. Es también en estos meses cuando las perturbaciones tropicales, conocidas como ciclones, que se forman principalmente en regiones de agua tropicales donde los cambios de intensidad del viento en la vertical son débiles (Emanuel, 1991), pueden generar la entrada de humedad en Oaxaca.

Durante esta temporada se puede observar la influencia del efecto monzónico, fenómeno que se da en el país debido a que la Altiplanicie mexicana (dada su enorme extensión), presenta condiciones de Continentalidad y se calienta mucho más que el aire libre al mismo nivel sobre las tierras bajas o el mar, de manera que se ocasiona un fuerte gradiente de presión entre el aire que descansa sobre la Altiplanicie (presión baja) y el que gravita sobre los océanos vecinos (presión alta). El viento, al seguir la pendiente barométrica, sopla de los mares al continente en una especie de monzón ((Mosiño & García, 1974); (García & Trejo, 1994)). Debido a esto, aun cuando la mayoría de los ciclones que circulan por el Pacífico no pasen directamente sobre Oaxaca, el efecto de monzón introduce suficiente humedad como para provocar precipitaciones en las zonas afectadas (García & Trejo, 1998).

Algunas lluvias pueden explicarse por el fenómeno de convección que se origina por el calentamiento superficial de la humedad dejada por fenómenos meteorológicos que se han disipado.

Durante la época **invernal** o fría (de noviembre a abril) o época seca, los vientos monzónicos cesan, dado que la Altiplanicie se encuentra frío y, por otra parte, al correrse hacia el Sur las celdas de alta presión y la ITC, dominan sobre el área los vientos del Oeste, que provienen del Norte del Continente y, aunque proceden del Pacífico, son de carácter más bien seco ya que carecen de fuentes de humedad como los ciclones tropicales. Este sistema normalmente está relacionado con nubosidad de tipo alto y medio que, combinado con masas de aire frío es capaz de provocar nevadas o algunas lluvias, ocasionadas por la combinación con fuentes de humedad que pueden provenir de la zona del Golfo, como la humedad que pueden producir los “nortes”.

Los **nortes** son acumulación de aire frío en latitudes medias e intensos gradientes meridionales de presión en la troposfera baja, que resultan en interrupciones de aire frío hacia los trópicos (Hasternrath, 1991).

Otro punto interesante y que contribuye a explicar el comportamiento climático en el Estado es la relación que se establece entre los sistemas del Golfo y el Pacífico, por la Configuración estrecha del Istmo. El golfo de Tehuantepec se encuentra al Sur de la llamada alberca de agua cálida del Pacífico tropical. Su dinámica es única debido a los intensos **nortes** que soplan cada invierno de octubre a marzo y que resulta en un mezclado de aguas en la capa oceánica superior. El viento atraviesa el istmo de Tehuantepec y afecta la temperatura superficial, formando lenguas de agua fría que se extienden hasta 500 km hacia afuera de la costa (Trasviña, Barton, Brown, Vélez, Kosro, & Smith, 1995).

3.6. Demografía en las Ciudades de Oaxaca

3.6.1. Población

La población en 2010 de la ZMO se registra con 607 963 hab, representando el 15.99 % de la población estatal. Con el crecimiento registrado en años recientes se estima que en 2015 su población se haya incrementado a 669 539 hab. Respecto a la ZMT su población en 2010 fue de 161 337 hab, representando el 4.24 % en el estado. La ciudad con mayor población fue san Juan BautistaTuxtepec con 101 810 hab en 2010, representando el 2.68% de la población de Oaxaca. Las once ciudades restantes representan el 8.70 % de la población estatal; así, las catorce ciudades de estudio en 2010 tuvieron el 31.61 % de la población en Oaxaca (**Figura 22**).

3.6.2. Tasas de crecimiento poblacional

En el periodo 2000 – 2010 el crecimiento poblacional promedio de las ciudades de Oaxaca fue de 1.76%, la **Figura 23** muestra las tasas de crecimiento anual en éste periodo. Se identifica la mayor tasa de crecimiento para las ciudades de Mh y P/E. La población de MM ha disminuido desde 1995 (INEGI, 1995a); desde entonces, se determinan tasas de crecimiento negativo y en 2010 la tasa fue de -0.53 %. A partir de 1995, para L/B también presenta tasas negativas y para el 2010 tiene un crecimiento ligero de 0.26 %.

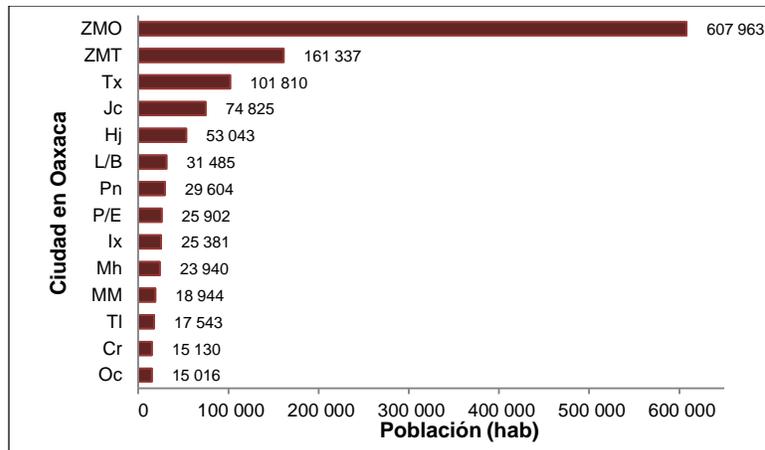


Figura 22 | Ciudades en Oaxaca: Población en 2010

Fuente: El autor con datos del Censo de Población 2010 (INEGI, 2011b).

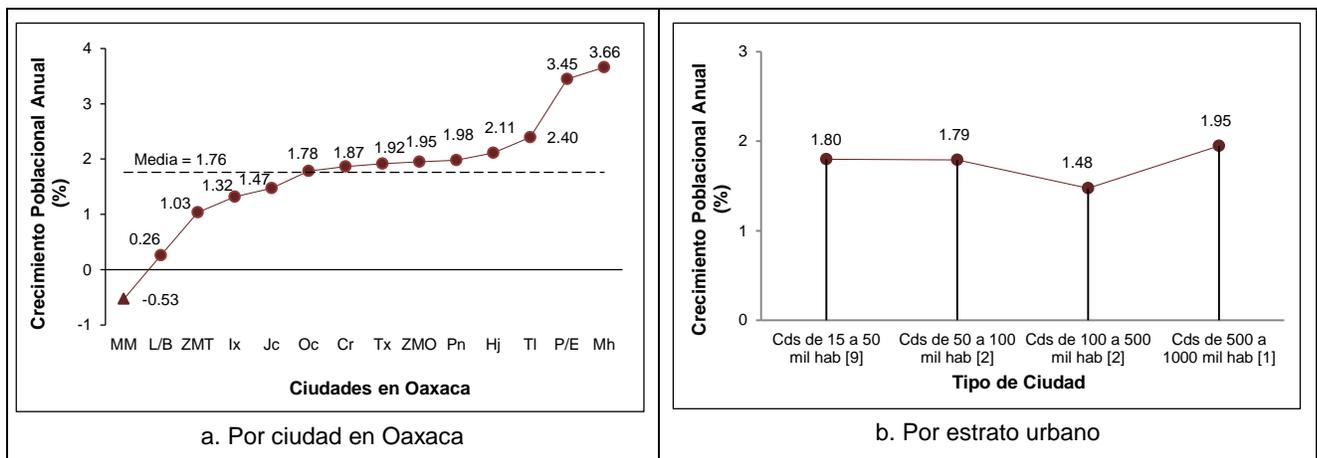


Figura 23 | Ciudades en Oaxaca: Crecimiento Poblacional Anual, 2000 – 2010

Fuente: El autor con datos de Censos y Conteos de Población del INEGI [(2011b), (2005a) y (2000a)].

3.6.3. Distribución poblacional de las ciudades en Oaxaca

Con información del Censo de Población y Vivienda 2010 se construyó la **Figura 24**; ésta, muestra las pirámides poblacionales de las CdO. De manera general, se observa una disminución de la base de la pirámide; esto indica, el inicio del cambio de una población joven a adulta. En 2010, la ZMO, Ix y Hj registran 47% de hombres y 53% de mujeres. Por su parte, la ZMT y Jc contenían 48% de hombres y 52 % mujeres. En la ZMO cerca del 10% tenían más de 60 años. La población con más de 60 años en la ZMT, en Hj y en Jc representan cerca del 7 %.

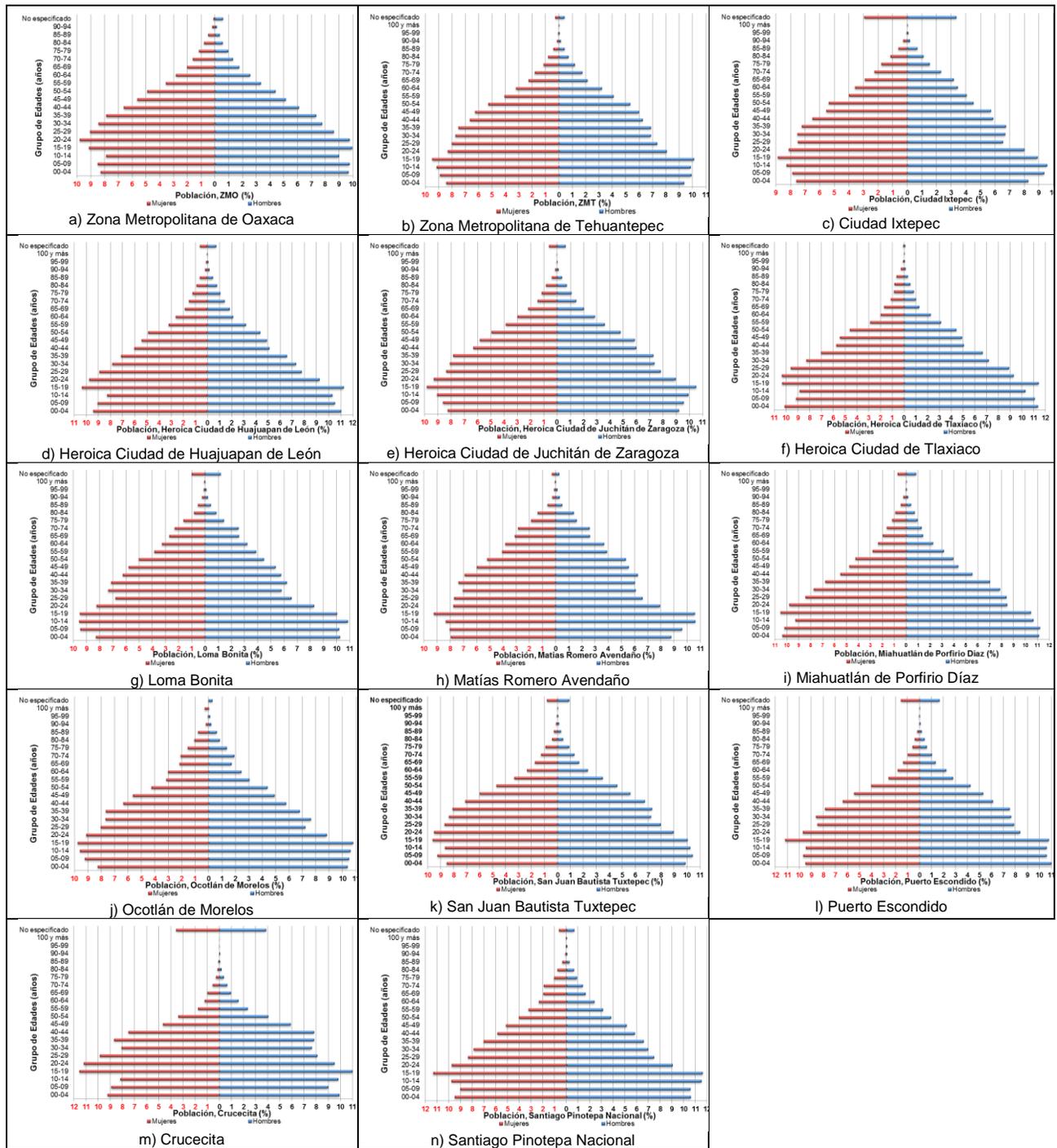


Figura 24 | Ciudades en Oaxaca: Pirámides de Población 2010
 Fuente: El autor con datos del Censo de Población y Vivienda 2010 (INEGI, 2011b).

3.7. Datos Económicos en las Ciudades de Oaxaca

3.7.1. Producto Interno Bruto (PIB)

En 2010, el Producto Interno Bruto (PIB) por habitante de las ciudades en Oaxaca se representa en la **Figura 25**, ésta muestra con mayor PIB a la ZMO con 22 094 dólares por habitante y el mínimo PIB se tuvo a Mh con 7 939 dólares por habitante. La tasa de crecimiento anual del PIB por habitante de cada una las CdO de 2000 a 2010 se observa en la **Figura 26**; estas tasas, muestran a Ix, P/E, ZMT y Cr con tasas negativas, lo que indica disminución del PIB por habitante. La mayor tasa de crecimiento del PIB per cápita correspondió a TI (7.82%). Por estrato urbano, las Cds de 100 a 500 mil hab tuvieron el menor crecimiento de su PIB per cápita con el 1.21%.

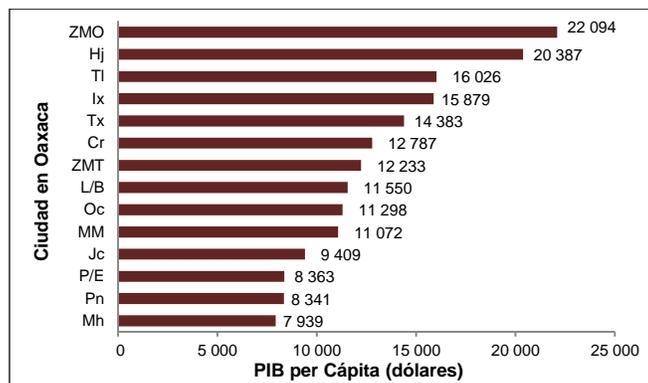


Figura 25 | Ciudades en Oaxaca: PIB per Cápita 2010

Fuente: El autor con datos del PNUD México (2014a).

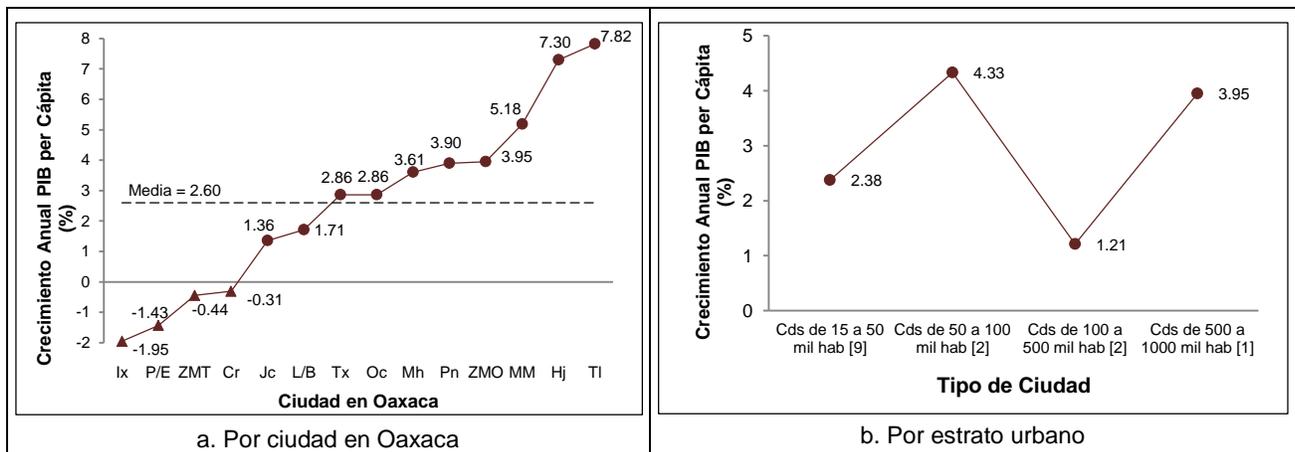


Figura 26 | Crecimiento Anual del PIB per Cápita: 2000 – 2010

Fuente: El autor con datos del PNUD México (2014a).

3.7.2. Ingreso

El ingreso de las CdO representado por el índice de ingreso (II) en 2010 (Figura 27), muestra mayor ingreso para la ZMO y Hj; el menor índice, se obtiene para Mh. Al calcular la tasa de crecimiento anual del índice de ingreso 2000 al 2010 (Figura 28) se encuentra disminución en su ingreso para Cds como Ix (-0.41%), P/E (-0.32%), Cr (-0.12%) y ZMT (-0.10%). El mayor crecimiento del ingreso en esta década, corresponde a TI. Por estrato urbano, ciudades de 100 a 500 mil hab tienen crecimiento bajo en su ingreso y las que tuvieron el mayor crecimiento de sus ingresos son las ciudades de 50 a 100 mil hab.

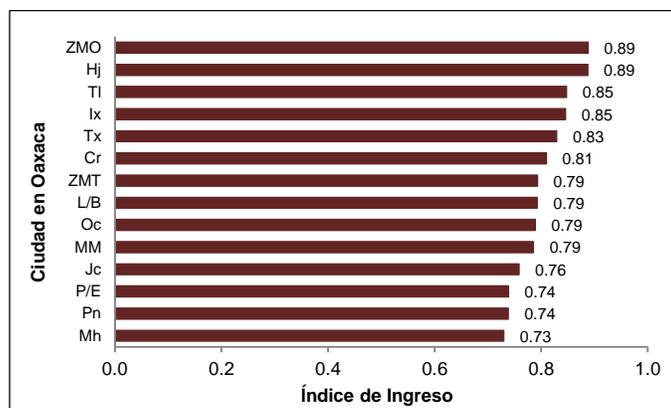


Figura 27 | Ciudades en Oaxaca: Índice de Ingreso 2010

Fuente: El autor con datos del PNUD México (2014a).

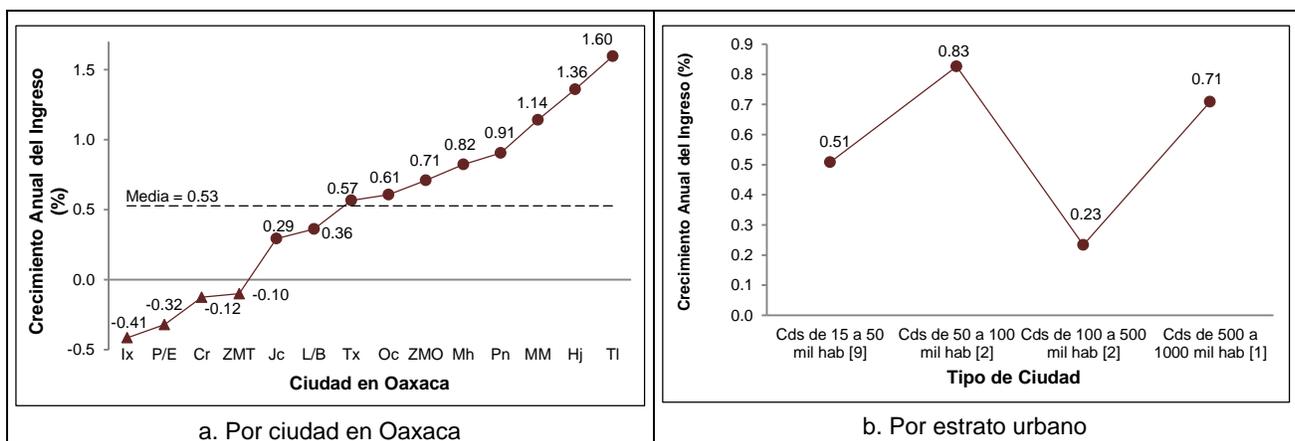


Figura 28 | Crecimiento Anual del Índice de Ingreso: 2000 – 2010

Fuente: El autor con datos del PNUD México (2014a).

3.8. Datos sobre el Desarrollo de las Ciudades

3.8.1. Índice de marginación

Con base en el Censo de Población y Vivienda 2010, el CONAPO determina el Índice de Marginación (IM) para las localidades en México, el cual excluye a localidades de una y dos viviendas que carecen de datos para esta determinación. Para las CdO, se construyó la **Tabla 12**, ésta muestra para las Cds el valor del índice, la representación del mismo en escala de 0 a 100 y el grado de marginación. Por el nivel de análisis (localidad) para las ZMs se representa únicamente la proporción poblacional con su grado de marginación.

Existen en las ZMs localidades con **muy alto** grado de marginación, la ZMT presenta mayor población en este nivel. Con alto grado de marginación, las ciudades de Miahuatlán de Porfirio Díaz y Ocotlán de Morelos. En la ZMO el 9.72 % de su población presenta grado de marginación alto, mientras que para la ZMT este grado se presente en el 20 % de su población.

Las ciudades con grado de marginación medio resultan Heroica Ciudad de Juchitán de Zaragoza, Loma Bonita, Matías Romero Avendaño, Heroica Ciudad de Tlaxiaco y Crucecita. En las ZMs, el 22.37 % de su población para la ZMO y 26.00 % para la ZMT presentan “grado medio” de marginación.

Tabla 12 | Ciudades en Oaxaca: Grado de Marginación 2010

Ciudad	Población 2010	IM		Grado de Marginación en 2010 (hab)				
		Valor	0 - 100	Muy Bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy Alto
Ciudad Ixtepec	25,381	-1.0936	5.9698		25,381			
Heroica Ciudad de Huajuapán de León	53,043	-1.1305	5.6773		53,043			
Heroica Ciudad de Juchitán de Zaragoza	74,825	-0.8907	7.5812			74,825		
Loma Bonita	31,485	-0.8880	7.6021			31,485		
Matías Romero Avendaño	18,944	-1.0529	6.2933			18,944		
Miahuatlán de Porfirio Díaz	23,940	-0.6304	9.6477				23,940	
Ocotlán de Morelos	15,016	-0.7202	8.9346				15,016	
San Juan Bautista Tuxtepec	101,810	-1.1629	5.4199		101,810			
Puerto Escondido	25,902	-0.9684	6.9644			25,902		
Heroica Ciudad de Tlaxiaco	17,543	-1.0351	6.4347			17,543		
Crucecita	15,130	-1.3042	4.2986		15,130			
Santiago Pinotepa Nacional	29,604	-0.6110	9.8013				29,604	
Zona Metropolitana de Oaxaca	607,963			45,039	366,116	135,996	59,090	1,722
Zona Metropolitana de Tehuantepec	161,337			3,227	77,442	41,948	32,267	6,453
Ciudades y Zonas Metropolitanas (hab)	1,201,923			48,266	638,921	346,643	159,917	8,176
Porcentaje de Ciudades y ZMs				4.02%	53.16%	28.84%	13.31%	0.68%

Fuente: El autor con resultados obtenidos por el CONAPO (2014a).

3.8.2. Índice de desarrollo humano

Para 2010, el Índice de Desarrollo Humano (IDH) en las ciudades de Oaxaca (Figura 29) fue superior a 0.80 excepto para Mh (0.79) y Pn (0.80). La ZMO con un IDH de 0.90 presenta el mayor valor de las ciudades en Oaxaca. El comportamiento anual del IDH de las CdO de 2000 a 2010 se observa en la Figura 30. Los valores del IDH para las CdO indican crecimiento ascendente, excepto para Ix cuyos registros fueron de 0.84, 0.87 y 0.86, para los años 2000, 2005 y 2010, respectivamente, con lo que se determinó un crecimiento ligero de 0.16; Pn creció en el mismo periodo 1.23 %. Por estrato urbano, se observa mayor crecimiento para Cds de 50 a 100 mil hab (0.84) y la ZMO aparece con un crecimiento de 0.61%.

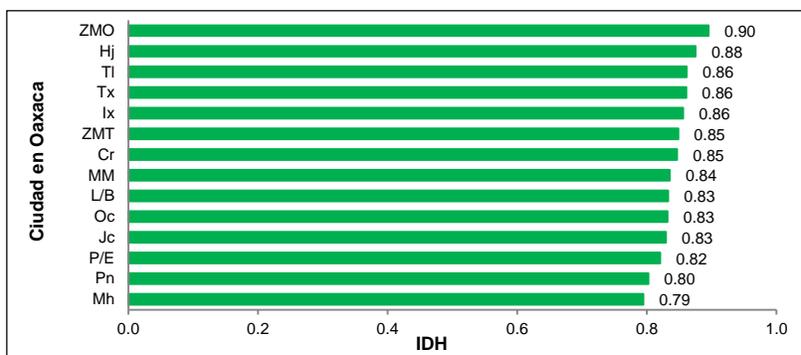


Figura 29 | Ciudades en Oaxaca: Índice de Desarrollo Humano 2010

Fuente: El autor con datos del PNUD México (2014a).

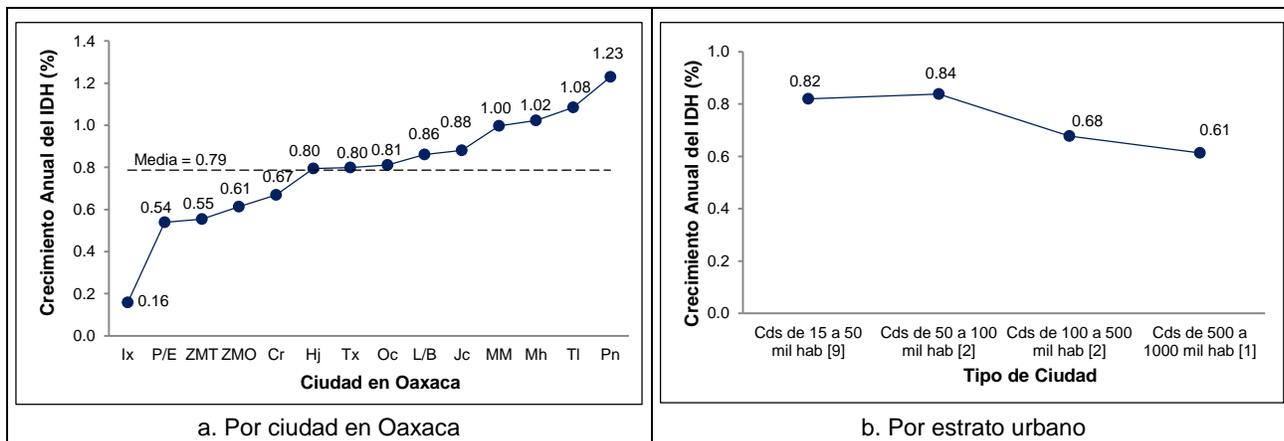


Figura 30 | Crecimiento Anual del IDH de las Ciudades en Oaxaca: 2000 – 2010

Fuente: El autor con datos del PNUD México (2014a).

3.8.3. Salud

La salud representada por el índice de salud (IS), para las CdO en el año 2010 se presenta en la **Figura 31**. Entre las Cds con mejor salud (0.93) se encuentran Jc, Cr, ZMO, ZMT, L/B, P/E y Tx; con el índice menor (0.88) se tienen a Mh e Ix. Por otra parte, el comportamiento anual del IS en las CdO en el periodo 2000 – 2010 **Figura 32**, indica menor crecimiento para Ix (0.56%) y el mayor crecimiento en salud fue para Pn (2.11%). Se determinó por estrato urbano, que las ciudades hasta de 50 mil hab tuvieron el mayor crecimiento en este mismo periodo (1.43%) y que la ZMO creció 1% anualmente.



Figura 31 | Ciudades en Oaxaca: Índice de Salud 2010

Fuente: El autor con datos del PNUD México (2014a).

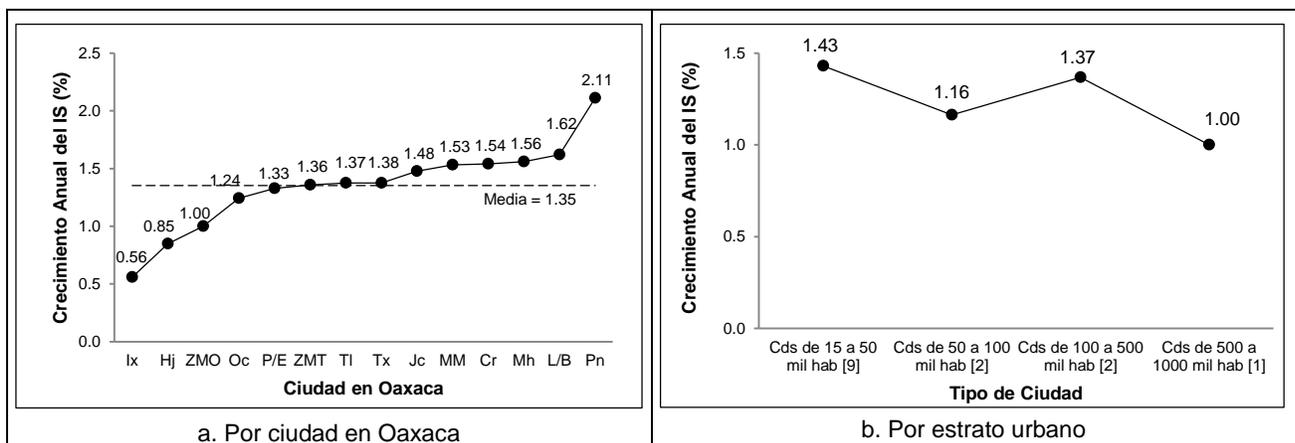


Figura 32 | Crecimiento del Índice de Salud de las Ciudades en Oaxaca: 2000 – 2010

Fuente: El autor con datos del PNUD México (2014a).

3.8.4. Educación

En las CdO, el índice de educación (IE) en el 2010 se representa en la **Figura 33**; donde la ZMO contiene el mejor índice de educación 0.87 y el menor índice con valor de 0.77 es para Pn. El crecimiento del IE durante el periodo 2000 a 2010 se representa en la **Figura 34**; en ésta, el mayor crecimiento fue para Jc con 0.78 % anual, mientras que el menor crecimiento de este índice correspondió a la ZMO con 0.13 % cada año. Por estrato, con medio punto porcentual anual, Cds de 50 a 100 mil hab tuvieron el mayor crecimiento; a partir de éstas, a mayor incremento poblacional el IE tendió a disminuir en su valor.

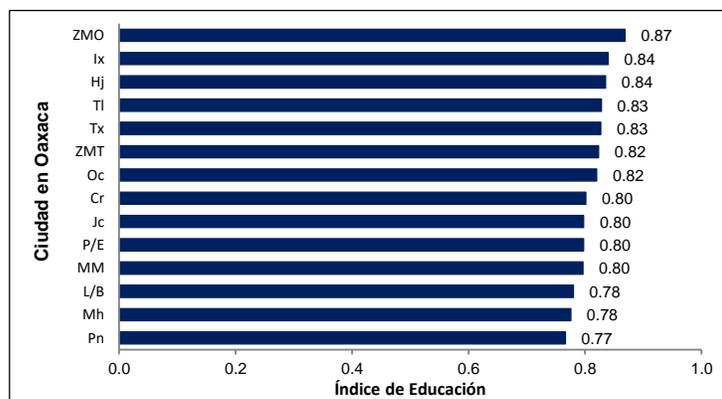


Figura 33 | Ciudades en Oaxaca: Índice de Educación 2010
Fuente: El autor con datos del PNUD México (2014a).

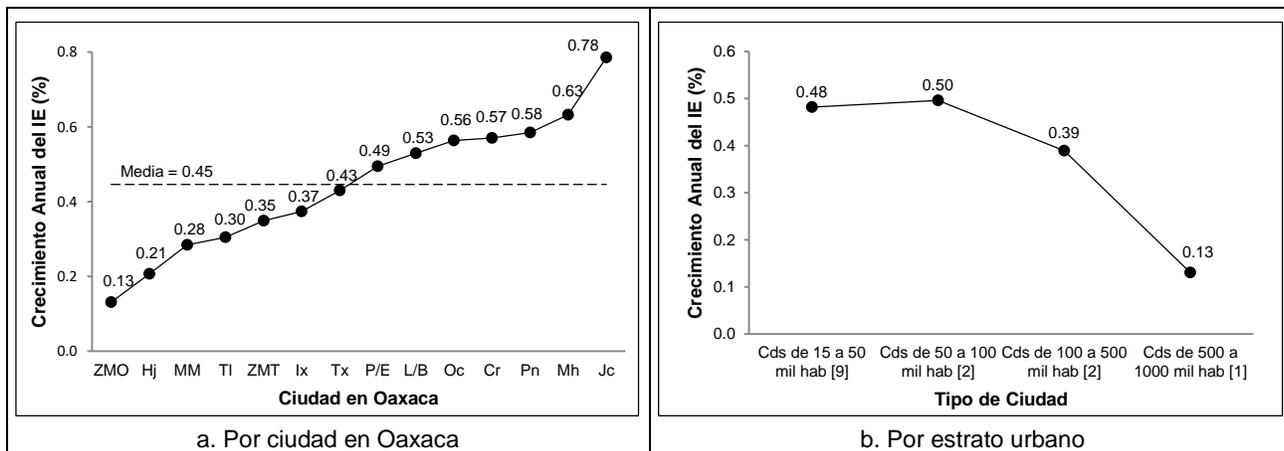


Figura 34 | Crecimiento Anual del Índice de Educación de las Ciudades en Oaxaca: 2000 – 2010
Fuente: El autor con datos del PNUD México (2014a).

3.8.5. Automóviles de uso particular

El número de vehículos particulares de las CdO en 2011, se presentan en la **Figura 35**, donde mayor número se concentra en la ZMO (94 135 vehículos registrados) y el menor número lo tiene L/B con 900 vehículos particulares. La Cr tuvo 195 vehículos por cada 1000 hab (‰) y para L/B, se registraron apenas 29 ‰. El crecimiento de éste tipo de vehículos registrados durante el periodo de 2004 a 2011 (**Figura 36**), muestra el mayor crecimiento para Pn (32.32%) y el menor con 7.93 % se determinó para Tx. Se tuvo que las Cds pequeñas mostraron el mayor crecimiento anual (16.5%); además, las Cds a partir de 100 mil hab tuvieron un crecimiento similar.

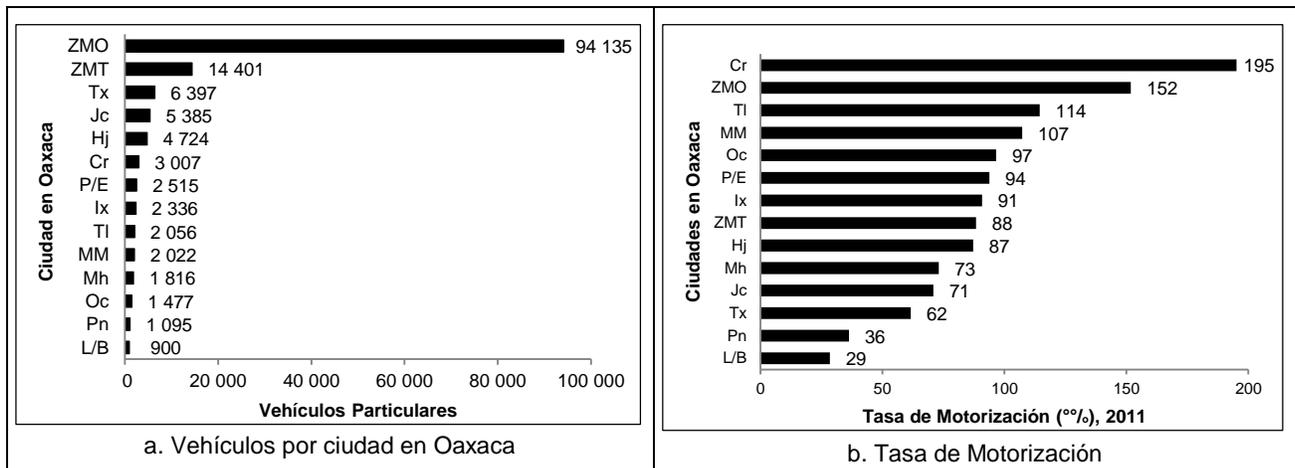


Figura 35 | Ciudades en Oaxaca: Vehículos Particulares y Tasa de Motorización, 2011

Fuente: El autor con datos del número de vehículos en circulación (Gobierno de Oaxaca, 2013a).

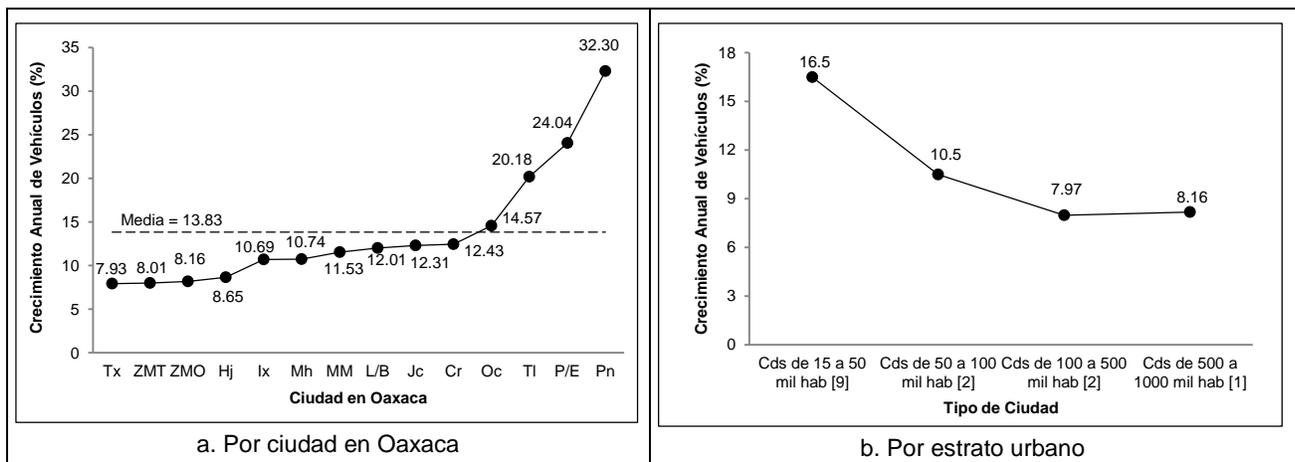


Figura 36 | Ciudades en Oaxaca: Crecimiento Anual de Vehículos Particulares, 2004 – 2011

Fuente: El autor con datos del número de vehículos en circulación (Gobierno de Oaxaca, 2013a).

3.8.6. Volumen de residuos sólidos urbanos recolectados

El registro del volumen de residuos sólidos urbanos recolectados en las CdO en 2011 **Figura 37**, muestra que la ZMO generó el mayor volumen con 222 200 ton y el menor volumen se registró con 3 700 ton para Ix; así también, en valores per cápita resalta el volumen de RSU de 1919 kg en P/E y con apenas 72 kg per cápita de volumen generado lo tiene L/B. El crecimiento en la generación de éstos residuos de 2004 a 2011(**Figura 38**), muestra el máximo anual de 46.61 % generado por P/E y se redujo en 3.24% el volumen la Cd de Oc; por estrato, Cds de 50 a 100 mil hab han incrementado dicho volumen 13.71% cada año.

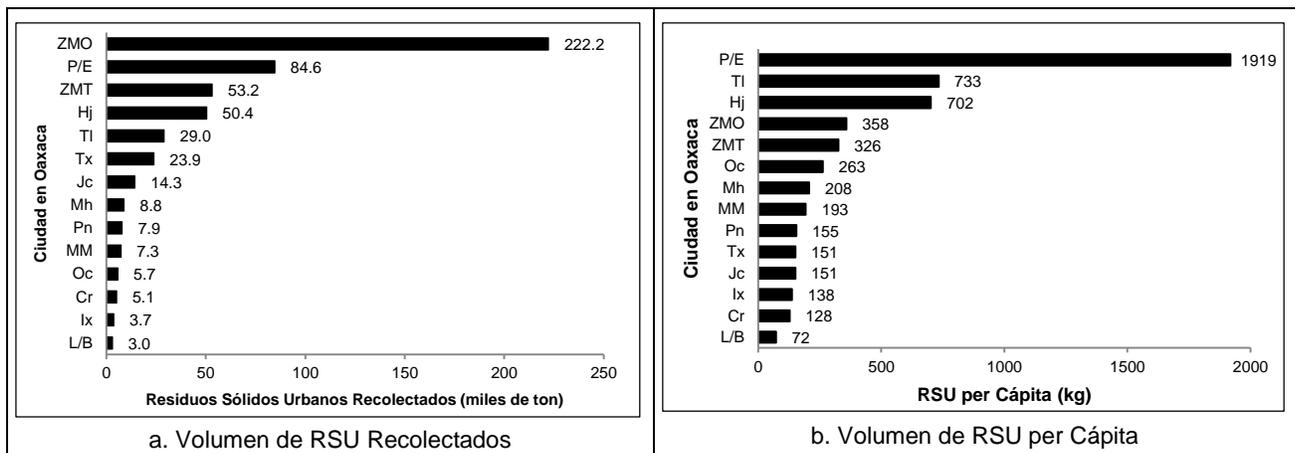


Figura 37 | Ciudades en Oaxaca: Volumen de Residuos Sólidos Urbanos Recolectados, 2011

Fuente: El autor con datos del volumen de residuos sólidos urbanos (Gobierno de Oaxaca, 2012b)

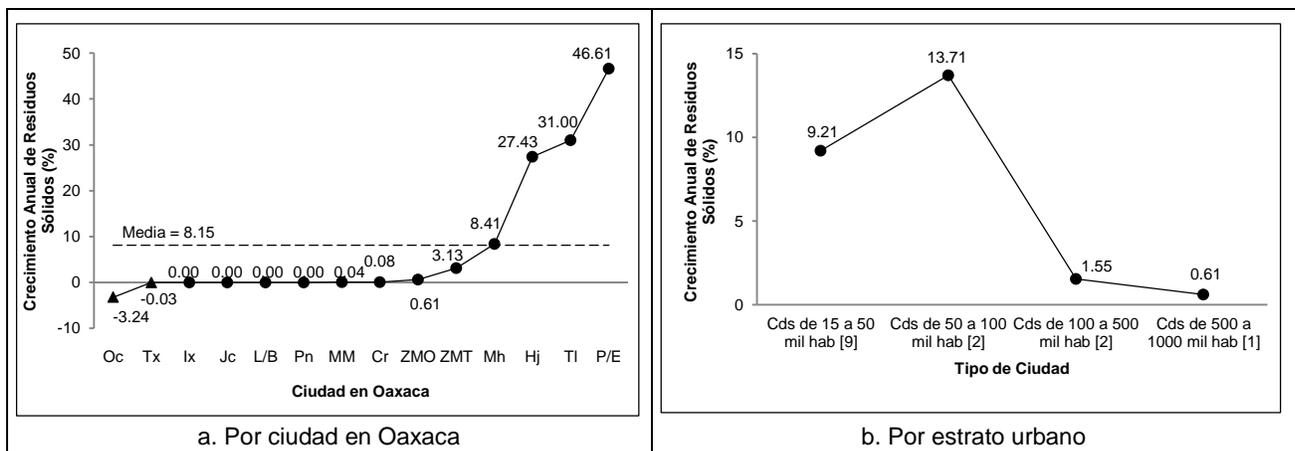


Figura 38 | Crecimiento Anual de Residuos Sólidos Urbanos: 2004 – 2011

Fuente: El autor con datos del volumen de residuos sólidos urbanos (Gobierno de Oaxaca, 2012b)

3.8.7. Viviendas particulares

De acuerdo con el Censo de Población y Vivienda 2010 el número de viviendas habitadas en las CdO (Figura 39), la mayor cantidad fue para la ZMO con 194 393 viviendas y Oc con 4 431 viviendas fue la Cd con menor número de ellas. Así también, se identifica que en promedio el número de hab por vivienda es muy similar entre las CdO, donde para Mh se determinan 4.24 habitantes por vivienda. El crecimiento de viviendas de 2000 a 2010, se representa en la Figura 40; en ésta, TI tuvo el mayor crecimiento anual (10.62%) y con el menor crecimiento resultó MM con 2.68%; por estrato, el mayor crecimiento lo tuvieron las ciudades pequeñas con 6.91% de crecimiento anual.

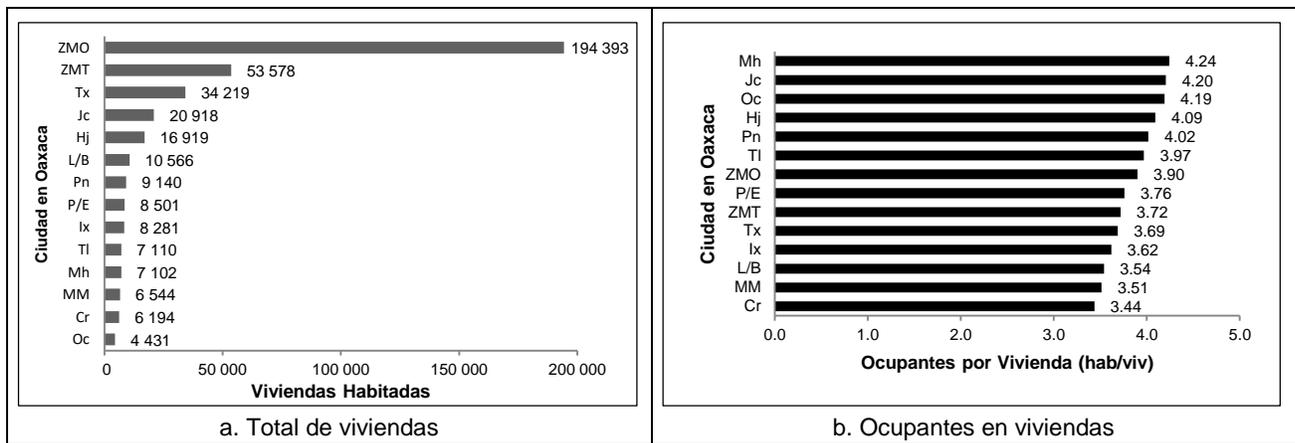


Figura 39 | Ciudades en Oaxaca: Viviendas Particulares Habitadas en 2010

Fuente: El autor con datos del Censo de Población y Vivienda 2010 (INEGI, 2011a).

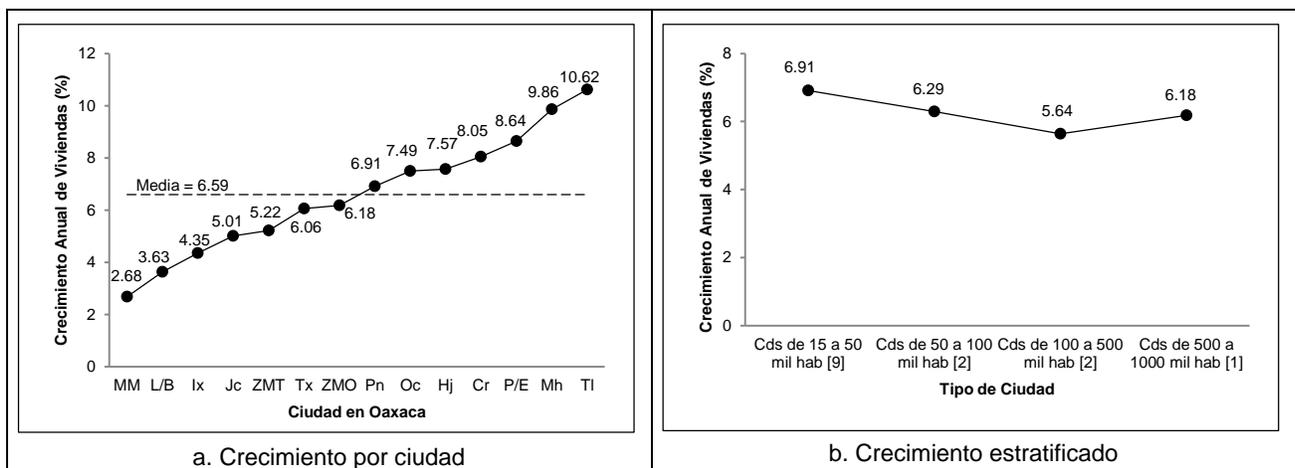


Figura 40 | Ciudades en Oaxaca: Crecimiento del Número de Viviendas Particulares, 2000 – 2010

Fuente: El autor con datos de Censos y Conteos de Población y Vivienda del INEGI (2011a), (2005a) y (2000a).

3.8.8. Denuncias en materia ambiental según principal materia regulada

De acuerdo con número de denuncias en materia ambiental de las CdO en 2011 (Figura 41), la mayor cantidad se tuvo para la ZMO (64) y carecen de éste tipo de denuncias Ix y L/B; sin embargo, el mayor valor per cápita lo tienen las Cds de Cr y P/E con más de 3 denuncias por cada 10 000 hab (‰). Por otro lado, en el periodo de 2000 a 2011 el crecimiento en el número de denuncias ambientales se incrementó 89% en promedio en las CdO (Figura 42), teniendo P/E la mayor tasa de crecimiento anual (328%) y L/B presentó la tasa menor 9 % cada año. De manera estratificada las Cds de 50 a 100 mil hab presentaron un crecimiento en denuncias ambientales del 27 %

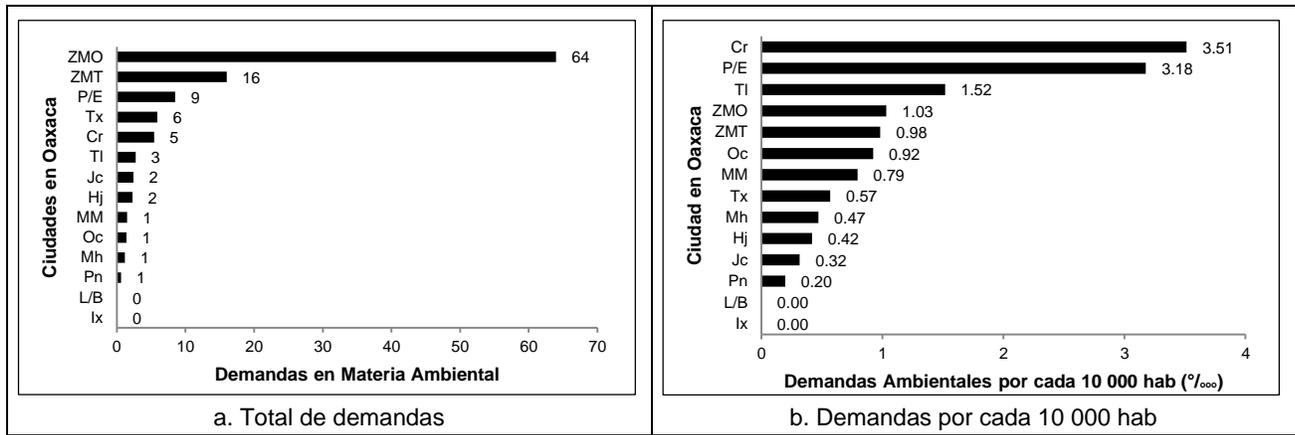


Figura 41 | Ciudades en Oaxaca: Demandas en Materia Ambiental en 2011

Fuente: El autor con datos de la PROFEPA (2012).

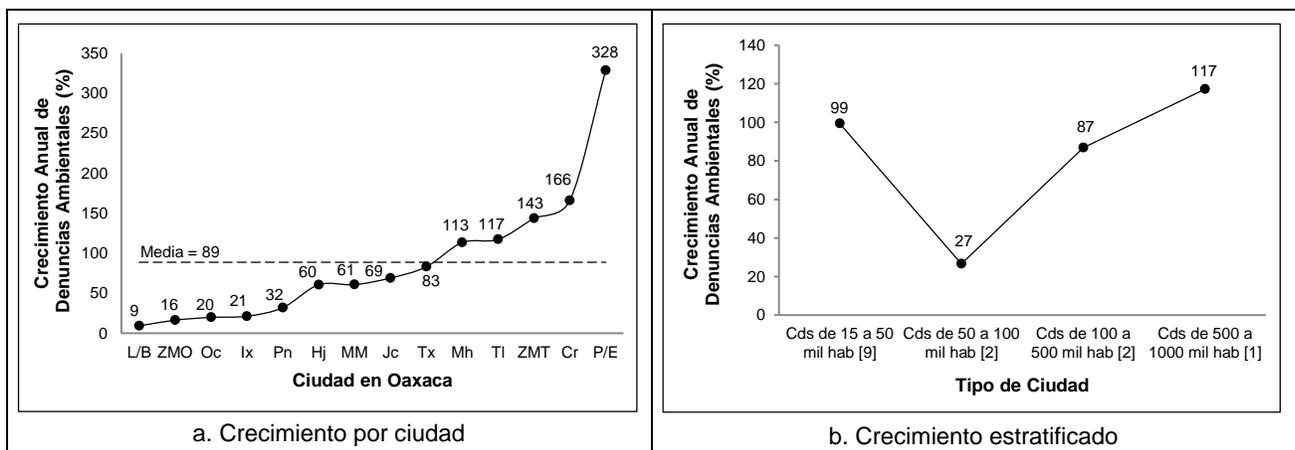


Figura 42 | Ciudades en Oaxaca: Crecimiento en el Número de Demandas Ambientales, 2000 – 2011

Fuente: El autor con datos de la PROFEPA (2012).

3.9. Resumen del Contexto de las Ciudades Oaxaqueñas

La intrincada división territorial de Oaxaca le confiere una fisonomía única en el país. Los acontecimientos en el Estado se notan en cuatro épocas: la prehispánica, la colonial, el siglo XIX y la contemporánea. Oaxaca representa la entidad con mayor biodiversidad biológica de México, que está formada con seres vivos de grupos endémicos. Prácticamente todos los tipos de vegetación del país están representados en Oaxaca.

La riqueza y diversidad biológica de este territorio solo es comparable a su diversidad cultural representado en 16 grupos indígenas hablantes de 157 lenguas diferentes y que pertenecen a por lo menos a cinco familias lingüísticas

Inmersa en la complejidad de las condiciones ambientales que imperan en el Estado, destaca su diversidad climática, atribuida a factores como la posición geográfica, el intrincado relieve, la exposición a los sistemas meteorológicos que se desarrollan tanto en la vertiente Pacífica como en la del Golfo, las corrientes marinas y la temperatura del Océano, entre otras. Lo anterior permite la presencia de condiciones térmicas y de humedad contrastantes en el territorio oaxaqueño, así como diferencias en el comportamiento y distribución de la temperatura y la lluvia a lo largo del año.

En la actualidad, las ciudades con el mayor número de habitantes en Oaxaca, desarrollan actividad comercial, turística, industrial, industria del petróleo y agrícola, entre las más importantes, con población joven. La mayor participación económica urbana se debe en los Valles Centrales a la metrópoli de Oaxaca y a Huajuapán de León en la región Mixteca.

Se determinó en 2010 que entre la población de las ZMs, a 8 000 hab con **muy alto** grado de marginación y más de 90 000 hab con **alto** grado de marginación. En este mismo año, Pn, Oc y Mh presentan también **alto** grado de marginación. Estas condiciones de marginación afectan notablemente el bienestar y el confort humanos.

V

LA MANIFESTACIÓN DEL
CAMBIO CLIMÁTICO EN LAS
CIUDADES: EL CASO DE OAXACA



Instituto Tecnológico de Oaxaca, Oaxaca de Juárez, Oaxaca; febrero, 2018

IV. LA MANIFESTACIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LAS CIUDADES: EL CASO DE OAXACA

Este Capítulo, presenta los resultados obtenidos con respecto a las variables del desarrollo urbano sustentable y de cambio climático de las ciudades en Oaxaca. La información del desarrollo se agrupa según el modelo de investigación en la dimensión social, en la económica y en la ambiental. Para el análisis del cambio climático, los resultados se agrupan de acuerdo con los elementos de presión ambiental urbana, del estado de cambio climático y de respuesta urbana al cambio climático.

4.1. Desarrollo de las Ciudades en Oaxaca

4.1.1. Servicios en vivienda

La vivienda y el suelo son elementos que definen la configuración y ocupación del territorio y, particularmente, los procesos de expansión periférica que generan **deseconomías**³¹ y reducción de la **calidad de vida** de la población.³² Es a partir de las viviendas que se construye la dinámica de una ciudad. En estos espacios las personas desarrollan su vida e ideas, así como originan y terminan los viajes a su empleo o empresa, para ir a la escuela o para realizar cualquier otra actividad. También, casi siempre, la compra de una vivienda significa la inversión más importante para una familia e, incluso, este activo sirve para emprender o ampliar un negocio (al utilizarla como una garantía cuando se solicita financiamiento).

Las viviendas en las CdO muestran, en promedio, mayor disponibilidad de servicios (electricidad, drenaje, agua potable, sanitario y piso diferente de tierra) que las ubicadas en

³¹ **Deseconomía**: concepto de la ciencia económica que hace referencia al aumento del costo de producción de cada unidad de bien o servicio cada vez que se generan más de los mismos. En otras palabras, la deseconomía es el concepto antagónico al de **economía de escala**, en donde los costos bajan a medida que se produce más.

³² El término calidad de vida se utiliza para evaluar el bienestar general tanto de individuos como de sociedades. Incluye ingreso, entorno natural, salud física y mental, recreación y tiempo de ocio, y el sentimiento de pertenencia social.

el resto del Estado (Figura 43); dentro de ellas, el mayor y menor equipamiento las tienen las localizadas en las ciudades de MM y Mh, respectivamente.

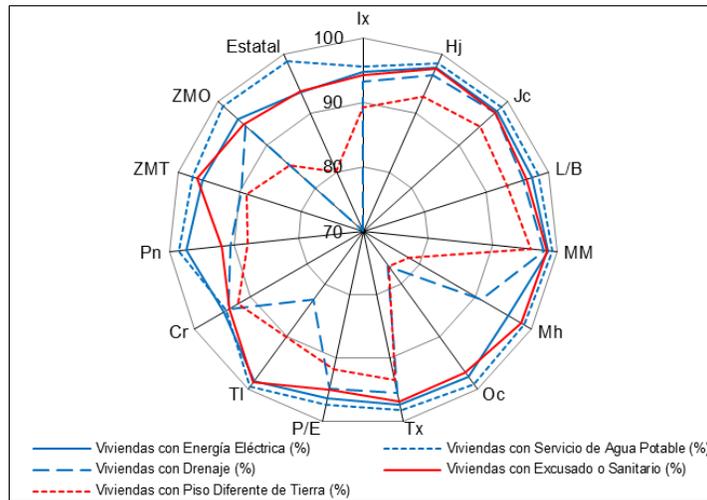


Figura 43 | Ciudades de Oaxaca: Servicios en Viviendas
 Fuente: El autor con datos del censales 2010 (INEGI, 2011a).

Por otro lado, al catalogar las CdO de acuerdo con el número de habitantes (Figura 44), tenemos, en promedio, que las viviendas con mayor acceso a los servicios básicos son las encontradas en ciudades con población entre 50 000 a 99 999 hab, conteniendo las ciudades con menor número de habitantes las viviendas con menor equipamiento. Lo anterior, indica condiciones o zonas que reducen la disponibilidad de los servicios.

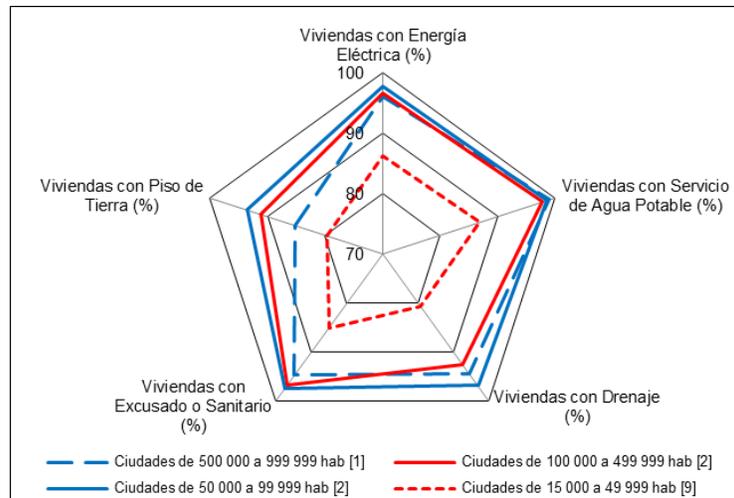


Figura 44 | Servicios en Viviendas, según tamaño de Ciudad
 Fuente: El autor con datos del censales 2010 (INEGI, 2011a).

4.1.2. Servicio de autotransporte

La mayor parte del autotransporte público en las CdO son automóviles y, el menor número, motocicletas; en ambos casos, se exceptúa Oc con 26% de vehículos y 46% de motocicletas (Figura 45a). Con uso particular, los autotransportes más representativos son en promedio 49% de automóviles y 38% de camiones y camionetas (Figura 45b).

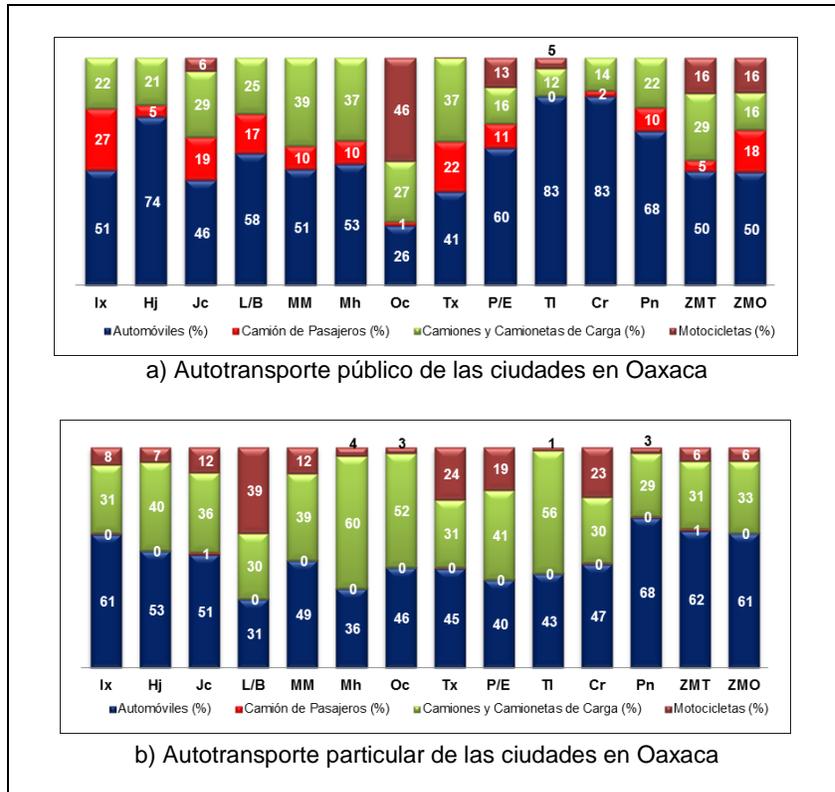


Figura 45 | Autotransporte de las Ciudades en Oaxaca

Fuente: El autor con datos vehiculares del Gobierno de Oaxaca (2013a).

En el servicio público (Figura 46a), en ciudades con mayor población, el número de automóviles tiende a reducirse, siendo este tipo de transporte el de mayor cobertura; siguiendo en número, camiones y camionetas de carga, exceptuándose en este último caso a la ciudad de más de 500 000 hab que, luego de automóviles, aparecen camiones de pasajeros. Comparando el tipo de autotransporte público y de uso particular (Figura 46), se observa que al no absorber totalmente la movilidad urbana alguno de ellos, entonces se sopesa con el incremento del otro.

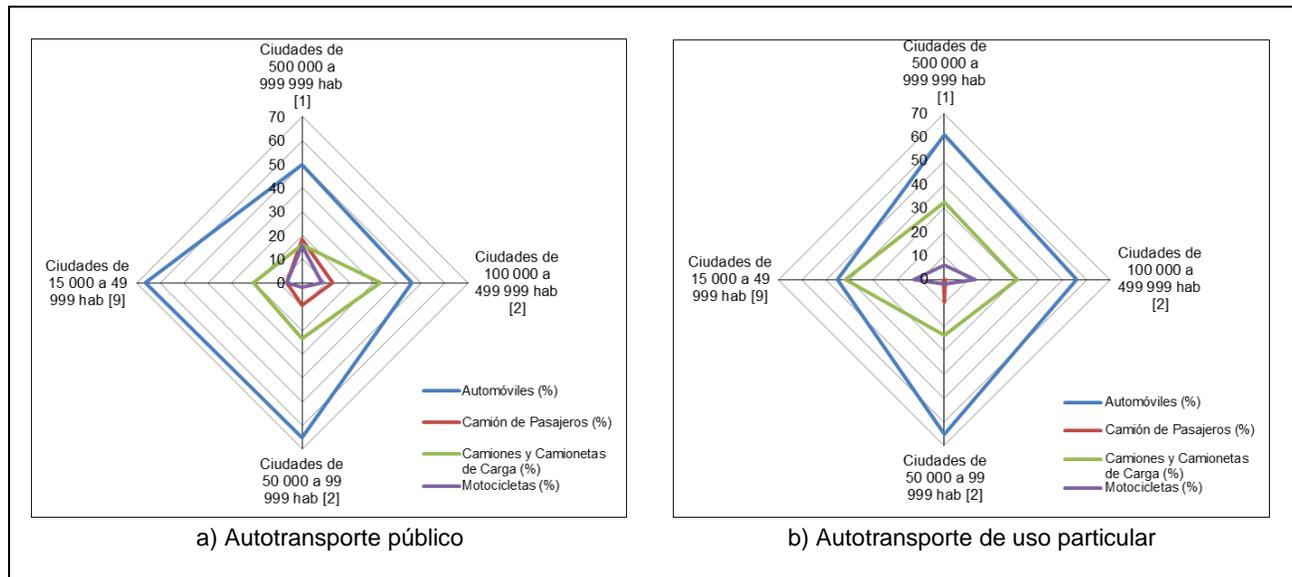


Figura 46 | Autotransporte por tipo de Ciudad

Fuente: El autor con datos vehiculares del Gobierno de Oaxaca (2013a).

La velocidad de expansión en la tenencia de vehículos tiene importantes implicaciones en política ambiental y de transporte. En México, en 1960 la tasa de motorización fue 22, en 2002 fue de 165 y, para 2008, fue 273 (**ONU-HABITAT, 2011b**). En el caso de las CdO, **Figura 47** muestra una relación positiva entre la tasa de motorización y el PIB per cápita, el promedio en 2010 se situó en torno a los 90 vehículos particulares por cada mil habitantes. El número significativo de vehículos satura las vías de las ciudades, reduce las velocidades de desplazamiento y extiende los tiempos de recorrido.³³

Los habitantes de las periferias se trasladan hasta su lugar de trabajo en los centros de las ciudades u otras partes de la ciudad. Son escasas las fuentes de empleo en la periferia de las ciudades de Oaxaca, lo que hace, a los residentes de estas áreas, vulnerables al desempleo y los obliga a realizar largos recorridos. Las políticas de transporte y vialidad que han predominado hasta la fecha en las ciudades mexicanas se han enfocado en la ampliación de la capacidad vial que es sumamente costosa y, dadas las tasas de motorización que tiene el país, las vías se saturan en poco tiempo.

³³ Para la Ciudad de México, la velocidad en horas pico puede descender hasta 6 km/h, mientras que en condiciones regulares el promedio es de tan solo 15 km/h (ONU-HABITAT, 2011b).

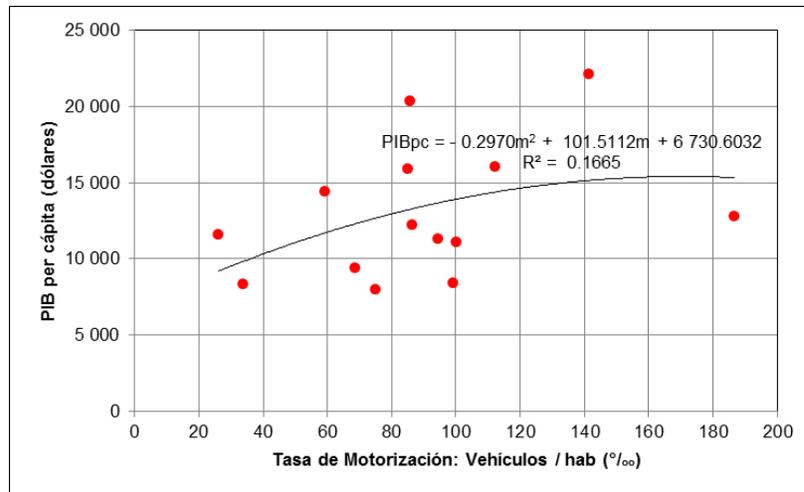


Figura 47 | Tasa de Motorización y PIB per cápita en 2010

Fuente: El autor con datos del Gobierno de Oaxaca (2013a) y del PNUD México (2014a).

4.1.3. Consumo de agua para vivienda y urbanización

Por su actividad económica, Tx resultó en 2013, la ciudad con la mayor cantidad de agua extraída con un consumo total superior a un km³ al día y la ciudad de Ix tuvo el volumen de extracción menor para el mismo año (Figura 48a). Una diferencia notable se identifica en la dotación de agua per cápita y, de acuerdo a los registros de la CONAGUA, en las ciudades como Ix, MM, y P/E la dotación para el uso en viviendas y en urbanización es baja (Figura 48b). En el periodo de 2000 a 2013, solamente L/B y MM mantienen crecimiento en su dotación de agua, para el resto de las ciudades la tasa de dotación de agua mantiene una disminución.

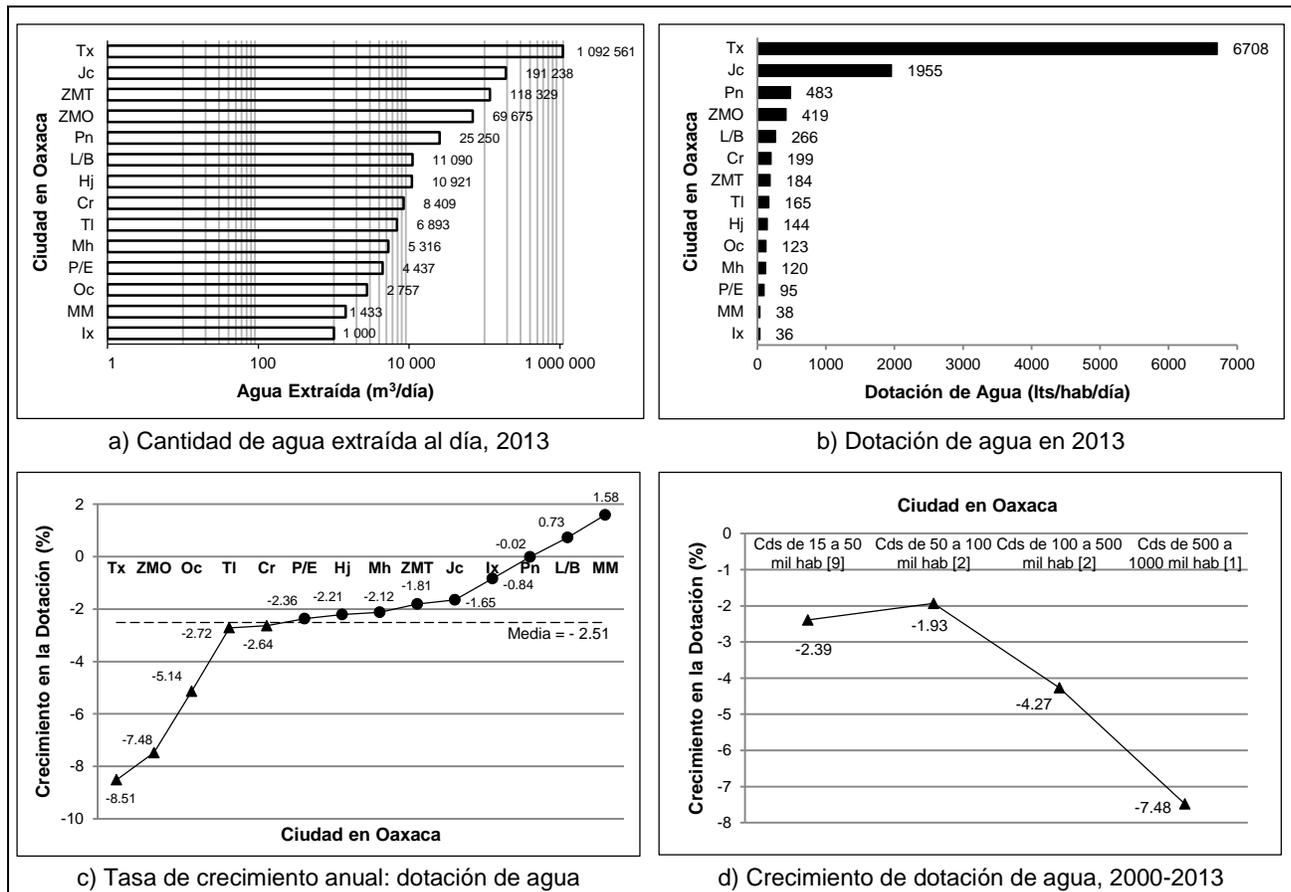


Figura 48 | Cantidad de Agua Extraída y Dotación de Agua para Vivienda y Urbanización

Fuente: El autor con volúmenes de agua registrados por la CONAGUA (2014a).

4.1. Contribución de las Ciudades de Oaxaca al Cambio Climático

4.2.1. Emisión de gases que contribuyen al efecto invernadero

La emisión de GEI se identifica en la Agenda 21 con el Capítulo 9 (protección a la atmósfera); en este sentido, se estiman las emisiones producidas por vehículos, viviendas y residuos sólidos urbanos. Estas emisiones están influidas por el grado de uso de energía, sistemas de producción, estructura industrial, sistemas de transporte y los patrones de consumo de la población.

La emisión de CO₂ de vehículos particulares se representa en la **Figura 49**, donde las 5 ciudades más pobladas registraron la mayor emisión absoluta en 2011, destacando ZMO con una emisión de 172 140 ton de CO₂; en valores per cápita, la Cr aparece con 357 kg de CO₂ y 52 kg de CO₂ para L/B. El mayor crecimiento anual en la emisión de CO₂ de 2004 a 2011 con valor de 32.3% fue Pn y el 7.9% de Tx con el crecimiento menor (c); además, en general que las ciudades con menor población tienen mayor crecimiento en este tipo de emisión hacia la atmósfera (d).

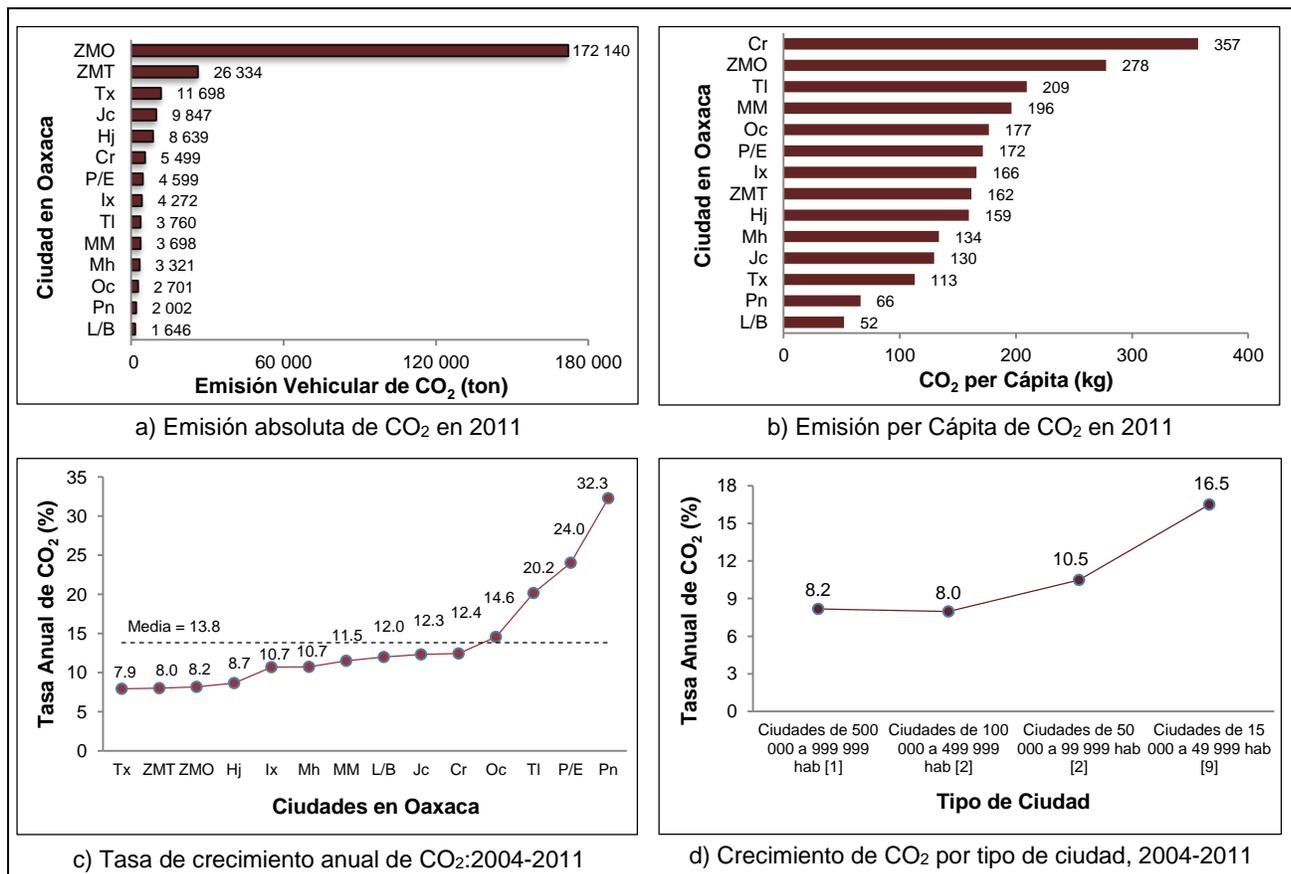


Figura 49 | Ciudades: Emisión de Bióxido de Carbono de Vehículos Particulares

Fuente: Estimación del autor con estadísticas vehiculares del Gobierno de Oaxaca (2012a).

El conjunto de valores de emisión vehicular de CO₂ de las Cds en el periodo 2000 – 2015, se presenta en la **Figura 50**, que muestra medidas estadísticas, valores atípicos y la distribución de los datos. La mayor extensión en emisión de CO₂ vehicular se determina

para Cr, que indica uso cotidiano de automóviles particulares y con la menor extensión L/B, indicando para esta Cd estabilidad en la emisión por habitante; ambas, con distribución simétrica en la emisión de CO₂.

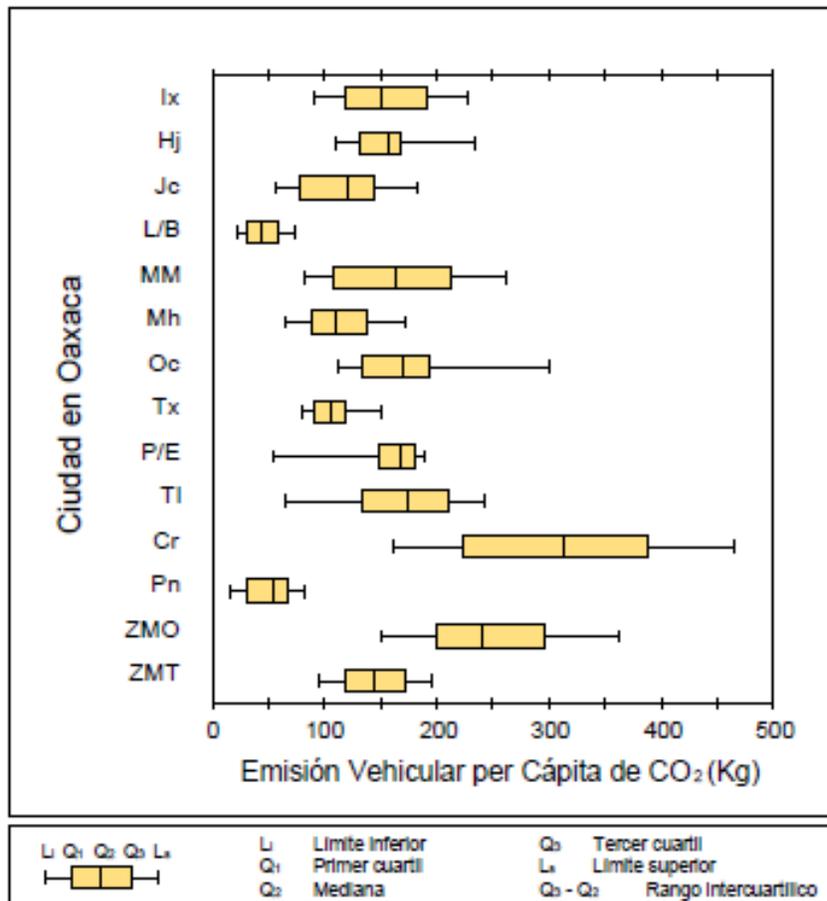


Figura 50 | Emisión Vehicular de Bióxido de Carbono: 2000 – 2015

Fuente: Estimación del autor con datos del Gobierno de Oaxaca (2012a).

La emisión de CO₂ de viviendas particulares habitadas se representa en la **Figura 51**, donde las tres ciudades más pobladas registraron en 2010 la mayor emisión absoluta, destacó la ZMO con una emisión de 202 723 ton de CO₂ (a). En valores per cápita, Cr emite 378 kg de CO₂ y Mh 306 kg de CO₂, valores máximo y mínimo (b). El mayor crecimiento anual en la emisión de CO₂ de 2000 a 2010, con 2.14% es para Oc y 0.87% para Cr con el crecimiento menor (c). En general, ciudades entre 50 000 y 99 999 hab tienen mayor crecimiento en su emisión de CO₂ (d).

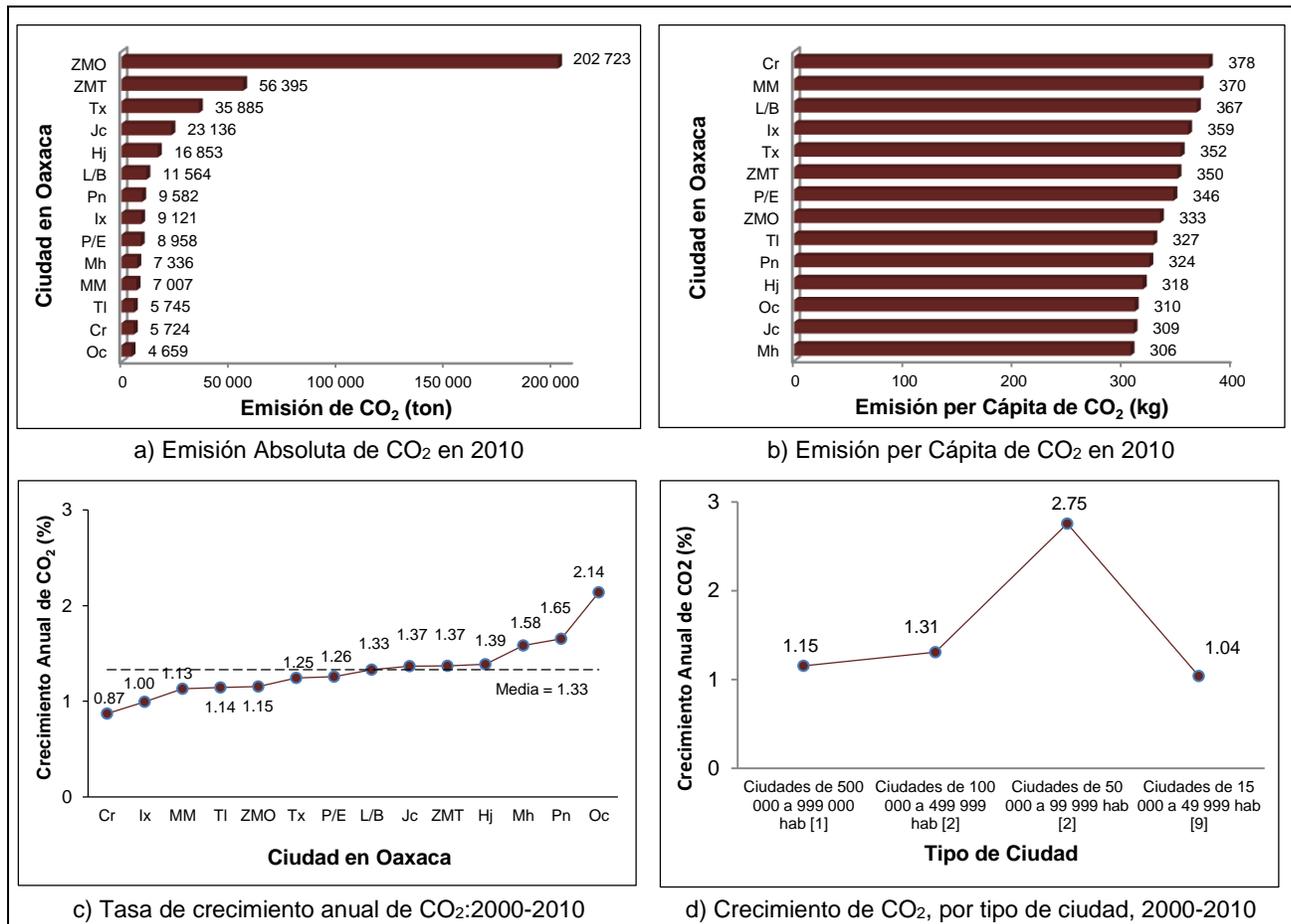


Figura 51 | Ciudades: Emisión de Bióxido de Carbono de Viviendas Particulares Habitadas

Fuente: Estimación del autor con estadísticas censales del INEGI [(2011a), (2005a) y (2000a)].

El conjunto de valores per cápita de CO₂ de viviendas en el periodo 2000 – 2015 se presenta en la **Figura 52**, identificándose medidas estadísticas, valores atípicos y la distribución de los datos. La extensión de emisión doméstica de CO₂ es muy similar para las CdO y se tienen tanto distribuciones de datos simétricas como asimétricas; además, los valores de estas Cds se encuentran dentro del rango de 250 a 400 kg/hab de CO₂.

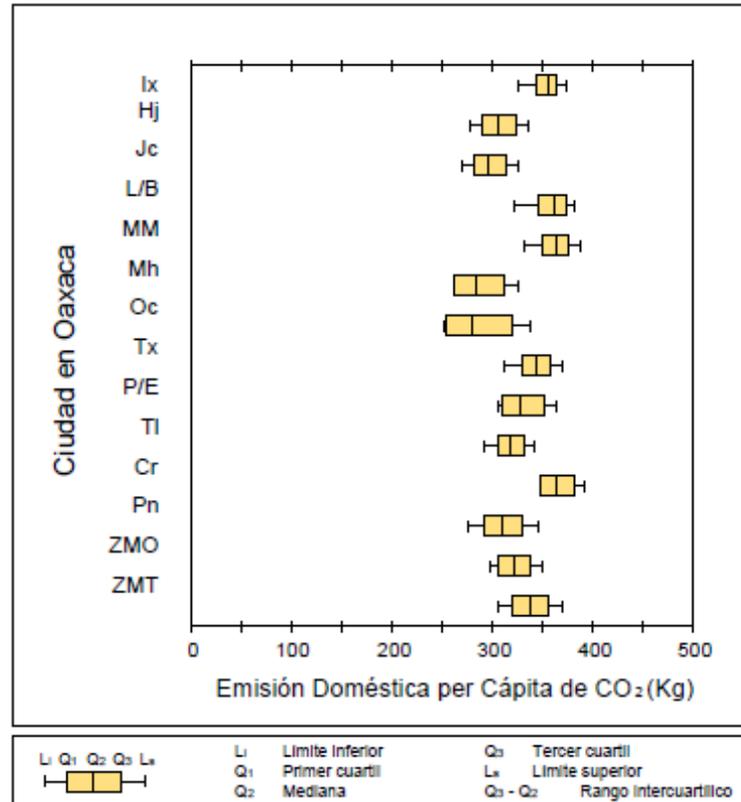


Figura 52 | Emisión Doméstica de CO₂: 2000 – 2015

Fuente: Estimación del autor con datos del INEGI [(2011a), (2005a) y (2000a)].

La emisión de CH₄ como producto de residuos sólidos urbanos se representa en la **Figura 53**, la mayor emisión absoluta en 2011 es para ZMO con 1 157 Mg (a); en valores per cápita, P/E emite 9 997 gr/hab de CH₄ y L/B 376 gr/hab de CH₄, valores máximo y mínimo (b). El mayor crecimiento anual en la emisión de CO₂ de 2000 a 2010, con 71.28 % fue para P/E y la emisión se mantuvo estable para L/B (c). En general ciudades entre 15 000 y 49 999 hab tuvieron mayor crecimiento en su emisión de CO₂ a la atmósfera (d).

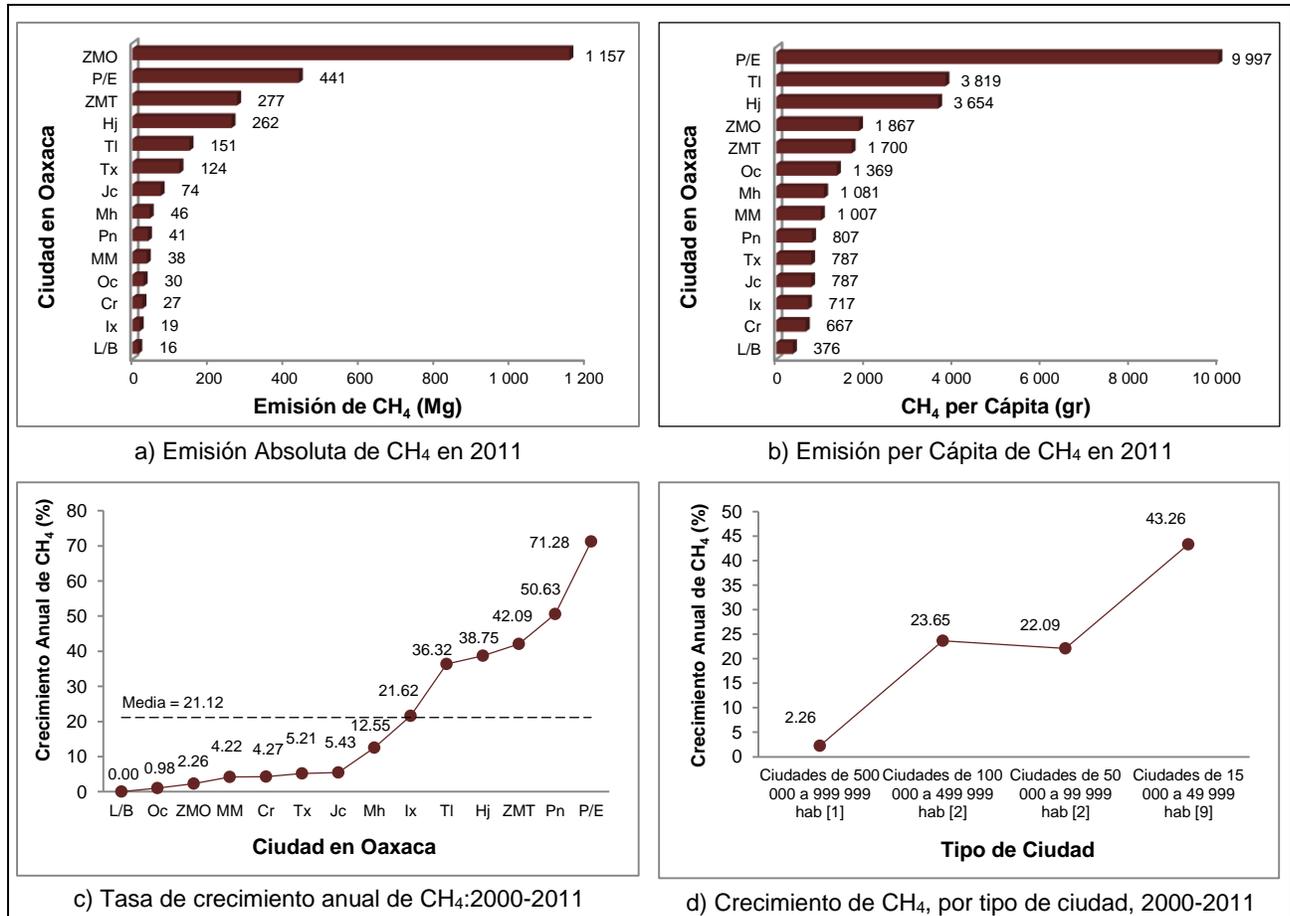


Figura 53 | Ciudades: Emisión de Gas Metano como producto de Residuos Sólidos Urbanos

Fuente: Estimación del autor con volúmenes de residuos sólidos urbanos [(Gobierno de Oaxaca, 2012b)].

El conjunto de valores per cápita de CH₄ producto de residuos sólidos urbanos en el periodo 2000 – 2015, se presenta en la **Figura 54**, identificándose medidas estadísticas, valores atípicos y la distribución de los datos. La extensión de emisión de CH₄ es muy notable para P/E, indicando que su actividad turística produzca estos valores; sin embargo, Cr que con otras condiciones económicas, pero que prevalece como Cd turística la variación en cuanto a esta emisión es una de las menores obtenidas para las CdO.

El grupo de valores per cápita del total de CO₂ producto vehículos particulares, viviendas y residuos sólidos urbanos de 2000 – 2015, en unidades de CO₂eq, se presenta en la **Figura 60**, identificándose medidas estadísticas, valores atípicos y la distribución de los datos. La mayor extensión de emisión de CH₄ y asimetría de valores lo representa P/E y valores concentrados es para L/B.

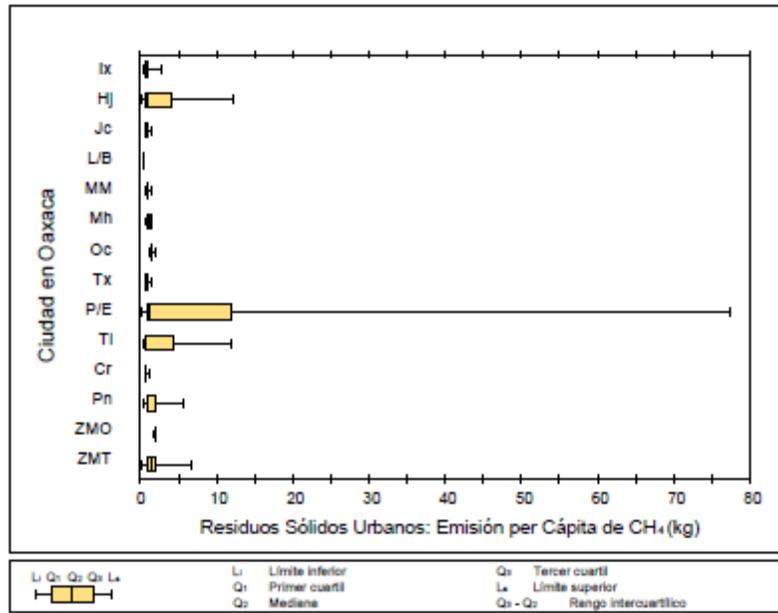


Figura 54 | Emisión de CH₄ de Residuos Sólidos Urbanos: 2000 – 2015
 Fuente: Estimación del autor con datos de Gobierno de Oaxaca (2012b).

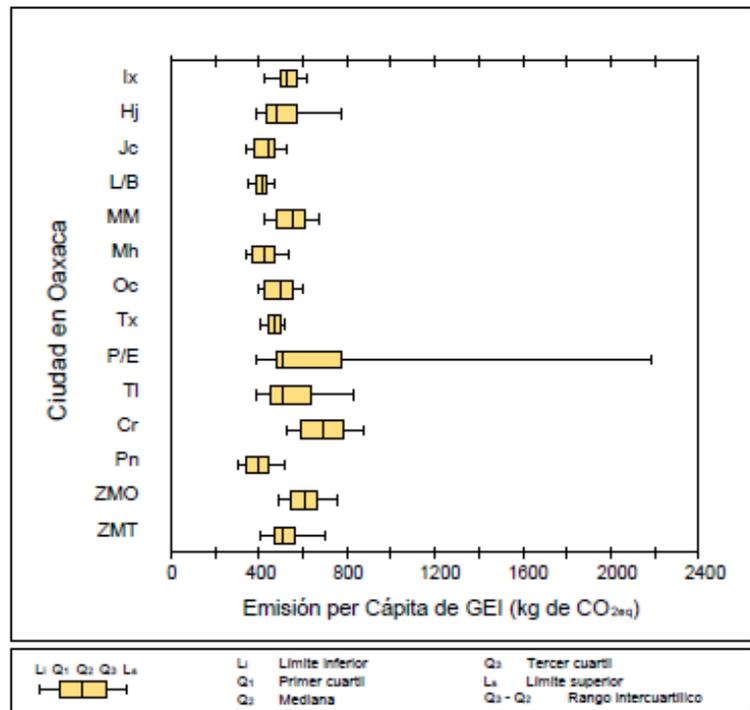
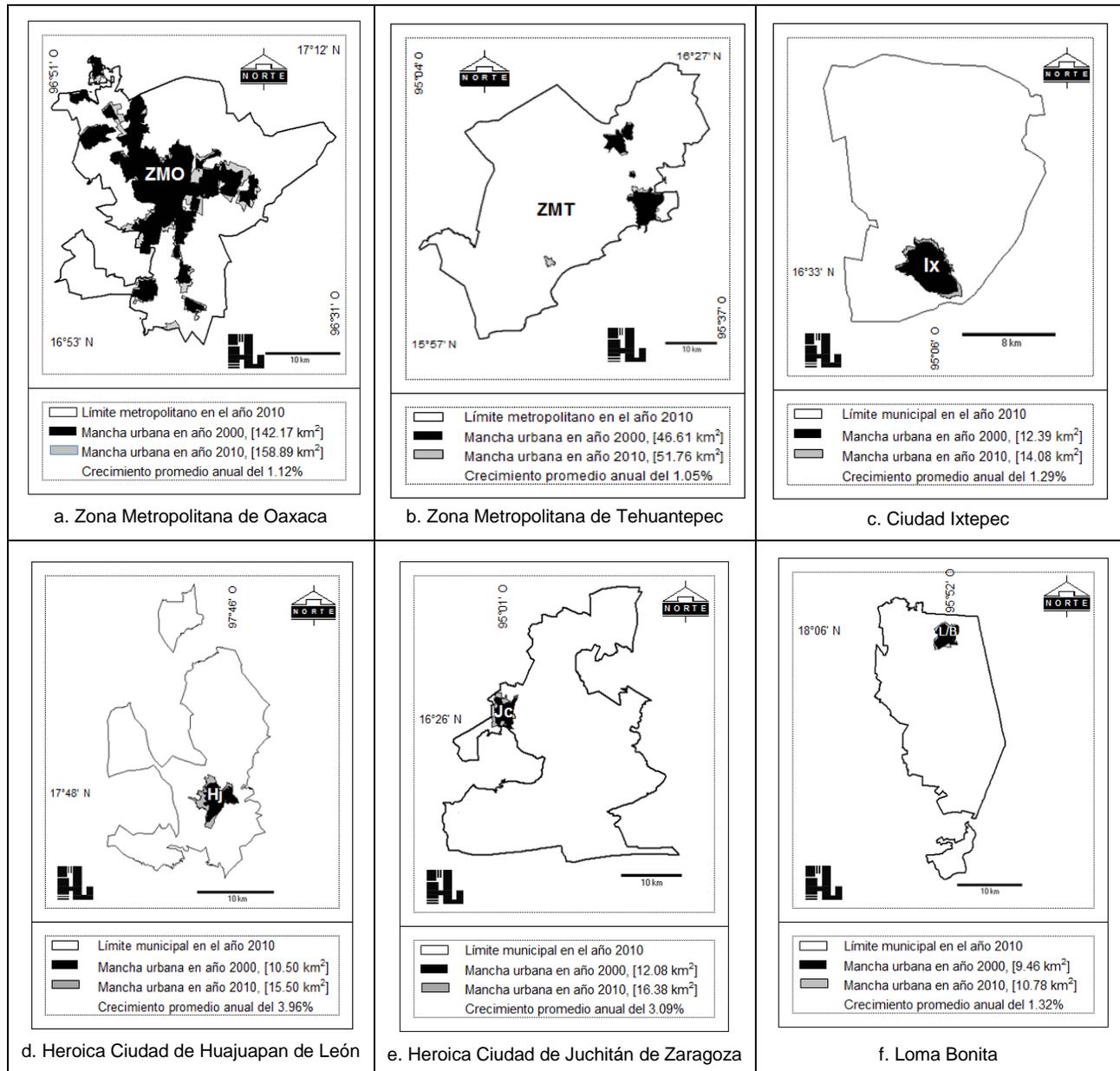


Figura 55 | Distribución de CO₂eq vehicular, doméstico y de residuos urbanos: 2000 – 2015

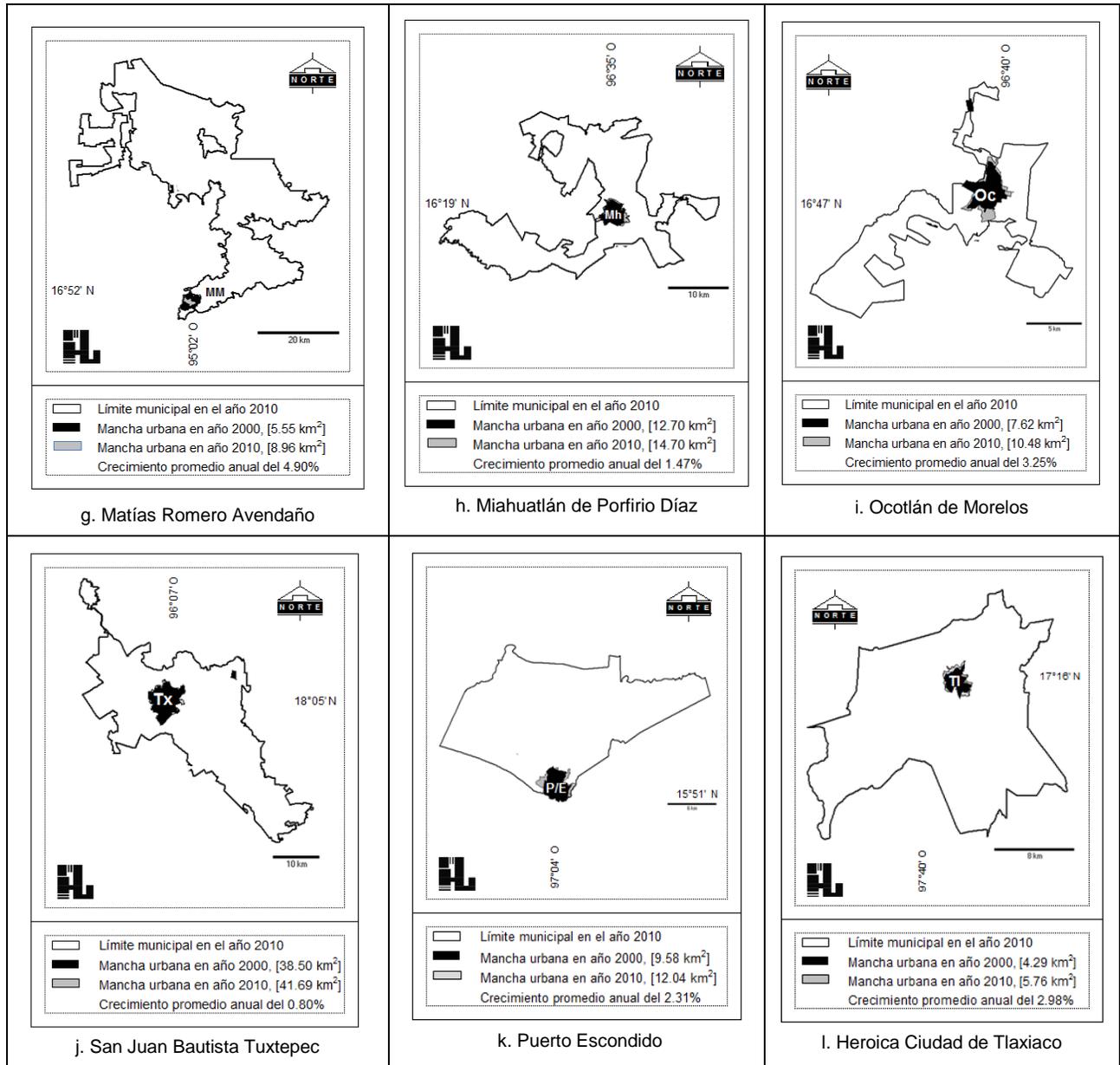
Fuente: Estimación del autor.

4.1.2. Cambio de uso del suelo

Con el cambio de uso de suelo dado con las manchas urbanas y determinado a partir de los Marcos Geoestadísticos Nacionales de México (Figura 56) se obtuvo la superficie de la mancha urbana en el periodo 2000 y 2010 de cada una de las ciudades de estudio, en todos los casos esta mancha presentó crecimiento positivo.



Inicia Figura 56 ...



Continúa Figura 56 . . .

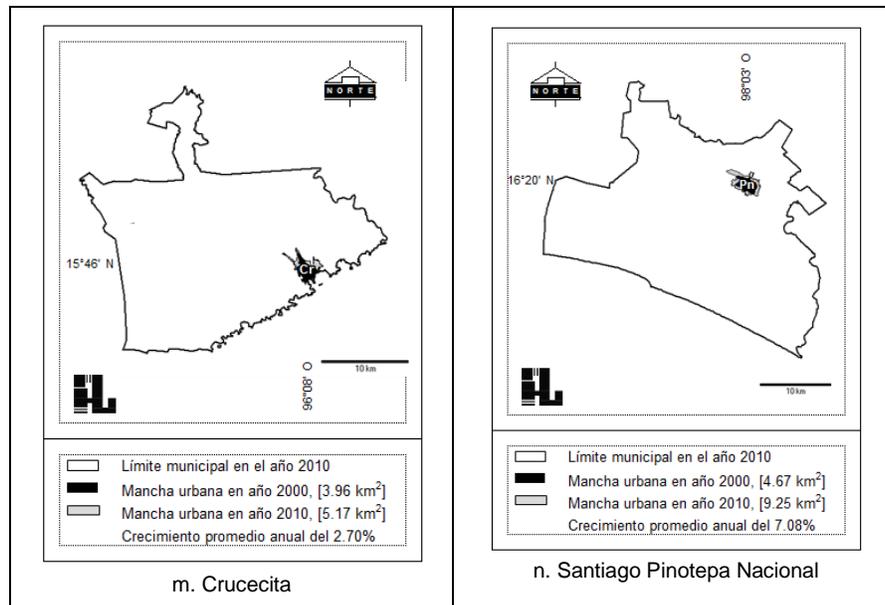


Figura 56 | Ciudades en Oaxaca: Crecimiento Físico de la Mancha Urbana

Fuente: El autor a partir de los marcos Geoestadísticos Nacionales de México 2000 y 2010 [(INEGI, 2013a), (INEGI, 2005b).

El menor incremento anual de las manchas urbanas (Figura 57a) resultaron para las superficies de las ciudades con más de 100 000 hab (Tx, ZMT y ZMO), mientras que el mayor aumento lo tuvo Pn con 7.08% anual; y en general, se determinó 2.67% de crecimiento promedio anual de las manchas urbanas. Por estrato, las ciudades con población entre 50 000 y 100 000 hab, con 3.53% representaron la mayor expansión anual en su mancha urbana (Figura 57b).

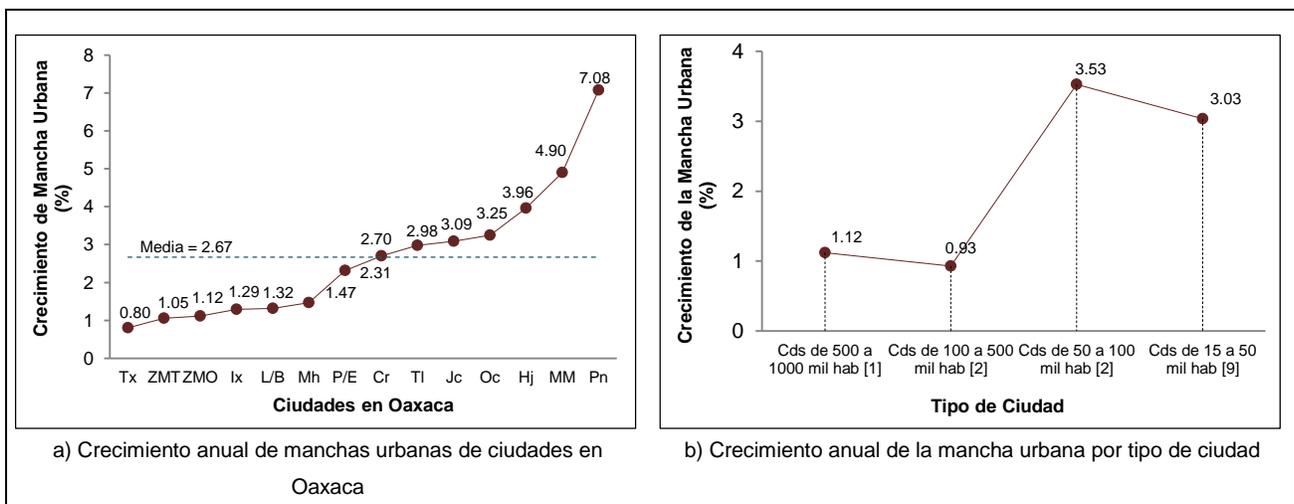


Figura 57 | Crecimiento de Manchas Urbanas en Ciudades: 2000 – 2010

Fuente: El autor con base a los Marcos Geoestadísticos del INEGI [(2013a) y (2005b)]

Al comparar la extensión de la mancha urbana con el aumento de la población urbana, se encuentra una relación lineal positiva; es decir, cualquier incremento de población se traduce en incremento de la mancha urbana (Figura 58). Por estrato urbano, ciudades entre 100 y 499 mil hab por cada aumento de 1000 hab la mancha urbana se incrementa 1.74 km², mientras que para para el estrato de 15 a 49 mil hab el mismo incremento en su población se traduce en un aumento de la mancha urbana de 0.26 km².

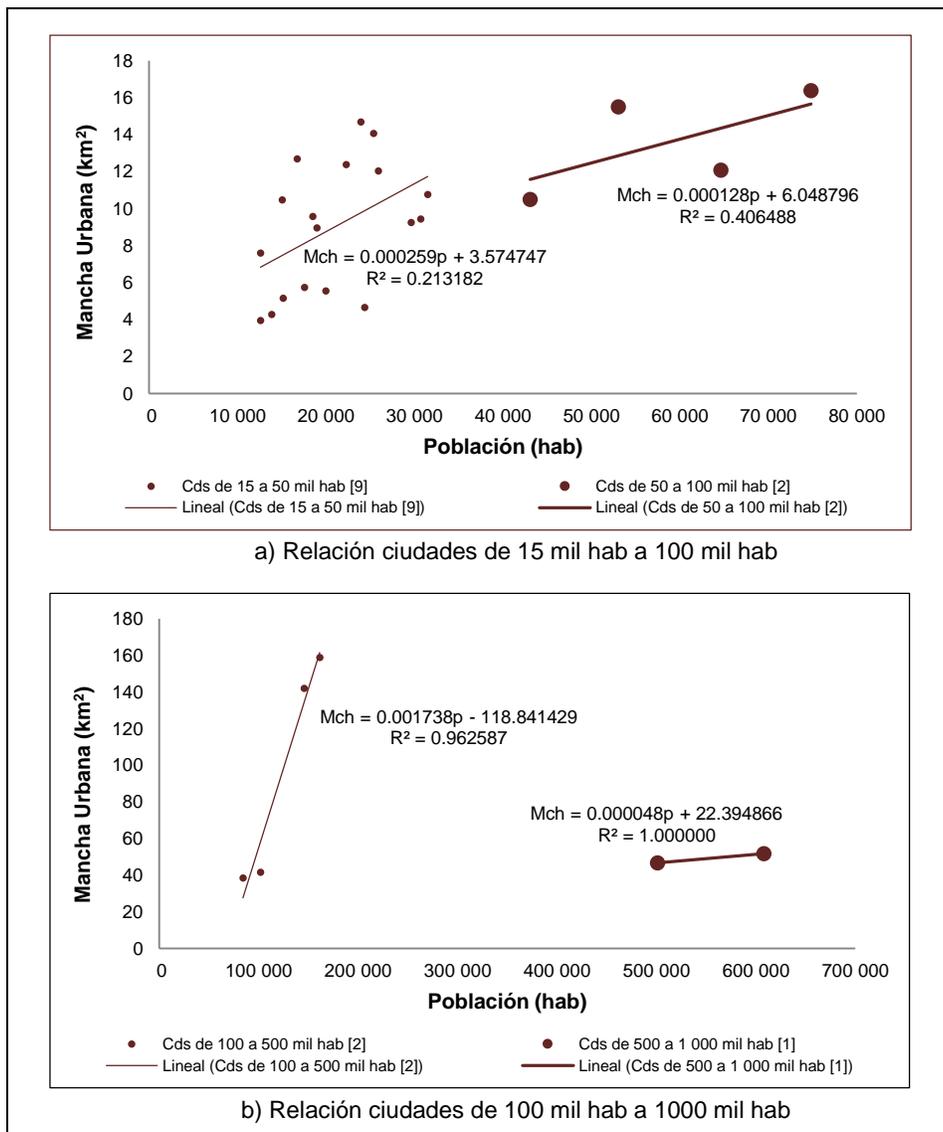


Figura 58 | Relación entre Población y Superficie de la Mancha Urbana

Fuente: El autor con base a los Marcos Geoestadísticos del INEGI [(2013a) y (2005b)].

4.2. Estado de Cambio Climático en Oaxaca

De acuerdo con los datos históricos contenidos para las estaciones meteorológicas en el estado de Oaxaca de la CONAGUA, las ciudades de estudio se agrupan en cinco tipos de climas, según se detallan en la **Tabla 13**.

Tabla 13 | Ciudades en Oaxaca: Tipos de Climas

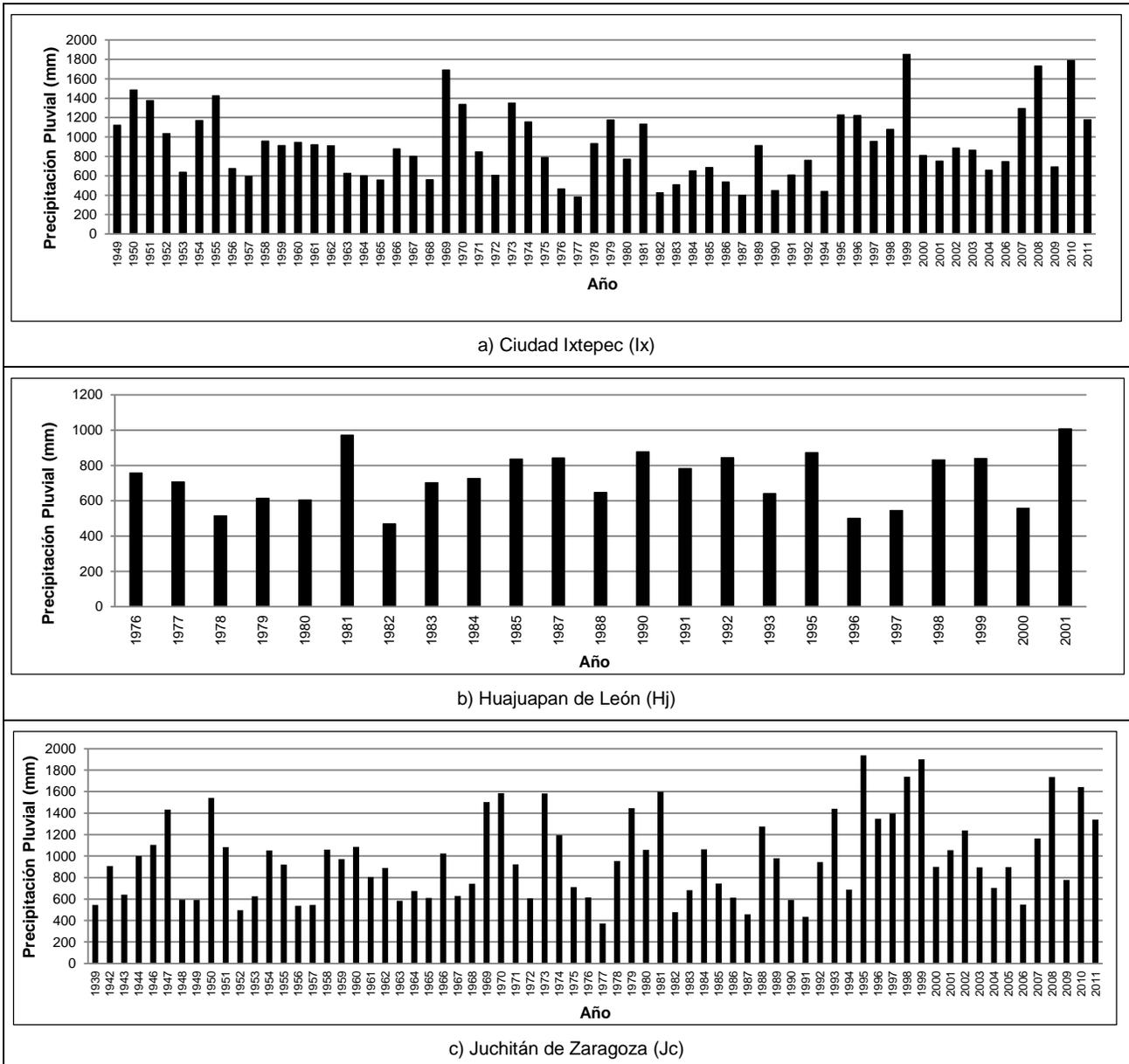
Ciudad en Oaxaca	Clima	Temperatura Anual (°C)	Precipitación Pluvial (mm)
Zona Metropolitana de Tehuantepec	Muy cálido subhúmedo	28.3	859.3
Ciudad Ixtepec	Muy cálido subhúmedo	27.6	894.7
Heroica Ciudad de Juchitán de Zaragoza	Muy cálido subhúmedo	27.2	952.4
Santiago Pinotepa Nacional	Muy cálido subhúmedo	27.0	1 538.1
Crucecita (Bahías de Huatulco)	Muy cálido subhúmedo	26.4	938.9
Loma Bonita	Cálido húmedo	24.9	1 884.4
San Juan Bautista Tuxtepec	Cálido húmedo	24.9	1 884.4
Puerto Escondido	Cálido subhúmedo	25.4	924.9
Matías Romero Avendaño	Cálido subhúmedo	24.8	1 037.5
Zona Metropolitana de Oaxaca	Semicálido subhúmedo	21.2	696.0
Heroica Ciudad de Huajuapán de León	Semicálido subhúmedo	20.3	691.0
Miahuatlán de Porfirio Díaz	Semicálido subhúmedo	19.6	581.4
Ocotlán de Morelos	Semicálido subhúmedo	19.8	677.6
Heroica Ciudad de Tlaxiaco	Templado subhúmedo	16.1	573.4

Fuente: El autor con datos de las estaciones meteorológicas del SMN, de acuerdo a la zonas térmicas y al sistema modificado de Köppen [(CONAGUA-SMN, 2014a) y García (1988)].

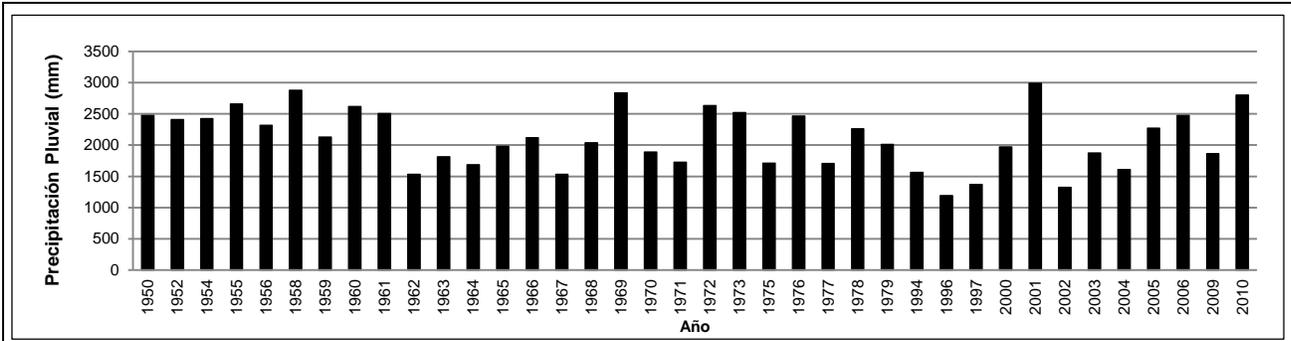
4.3.1. Precipitación pluvial

De acuerdo con los datos históricos contenidos para las estaciones meteorológicas en el estado de Oaxaca de la CONAGUA, en las CdO, el comportamiento en las precipitaciones pluviales anuales, se aprecian en la **Figura 59** y, estas, definen el tipo de humedad para un clima determinado (**Tabla 13**). Los coeficientes de variación calculados para la precipitación anual media se ubican entre 16 y 50 %, destacándose que TI y Cr tuvieron la variabilidad más alta en agua de lluvia.

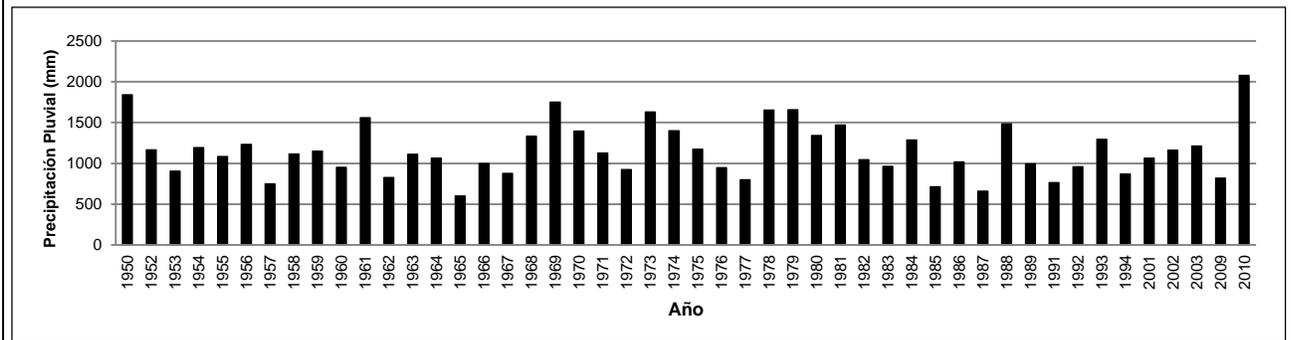
En el contexto urbano y con los datos de precipitación pluvial anual, población y superficie territorial, se obtiene la disponibilidad de agua natural per Cápita, este resultado muestra que la ZMT y la ciudad de Tx se incluyen en el rango de estrés hídrico (1001 a 1700 m³/hab/año), el resto de las ciudades presentan escasez hídrica e, incluso, ciudades como TI, Hj, Jc y Cr tienden a presentar una escasez hídrica absoluta (menos de 500 m³/hab/año).



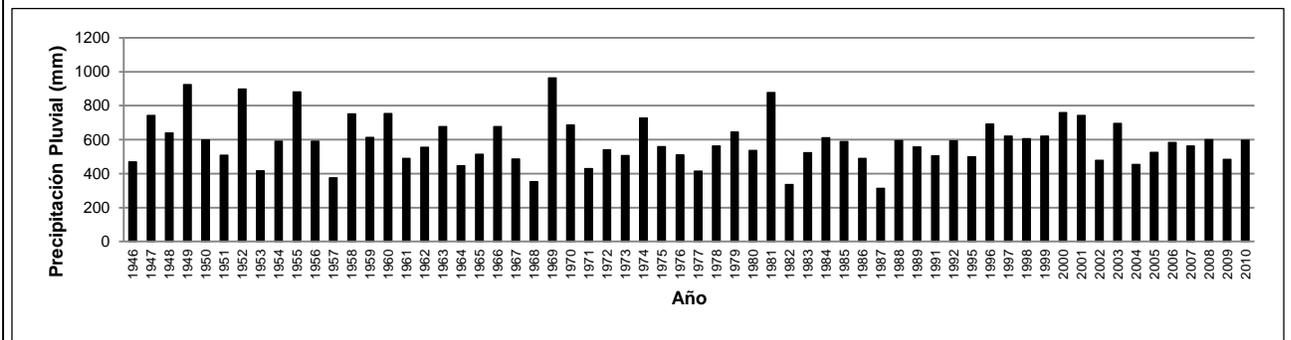
Inicia Figura 59 . . .



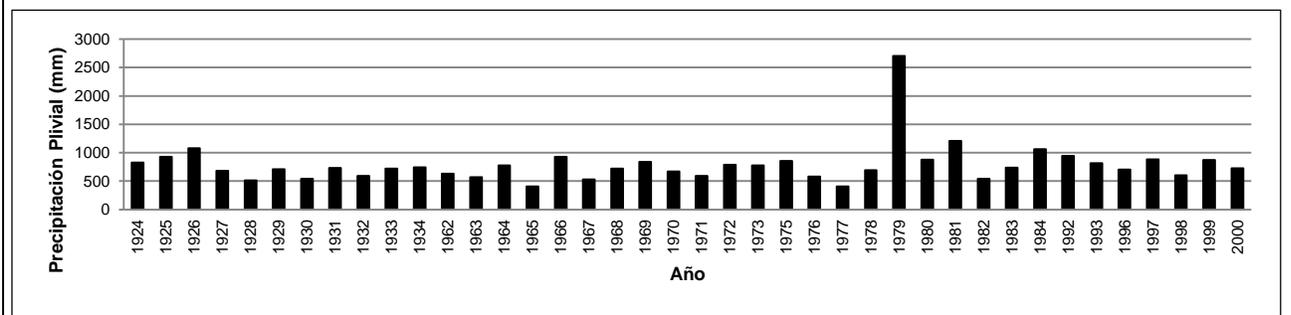
d) Loma Bonita (L/B)



e) Matías Romero Avendaño (MM)

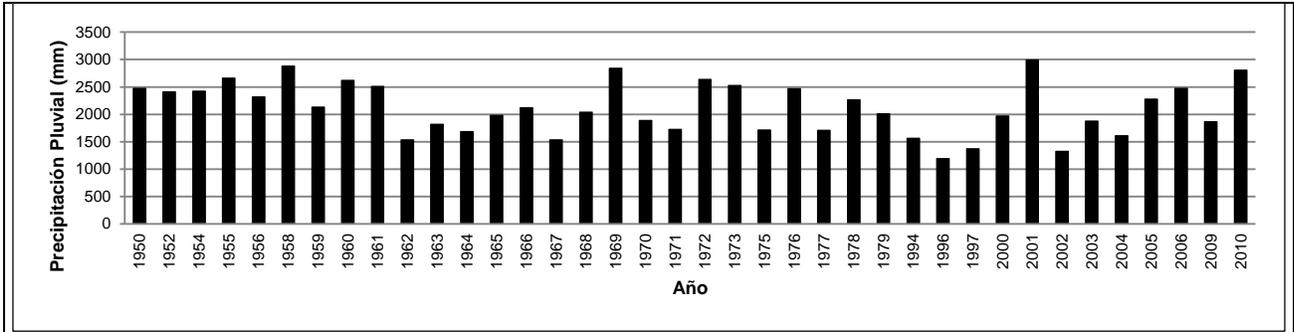


f) Miahuatlán de Porfirio Díaz (Mh)

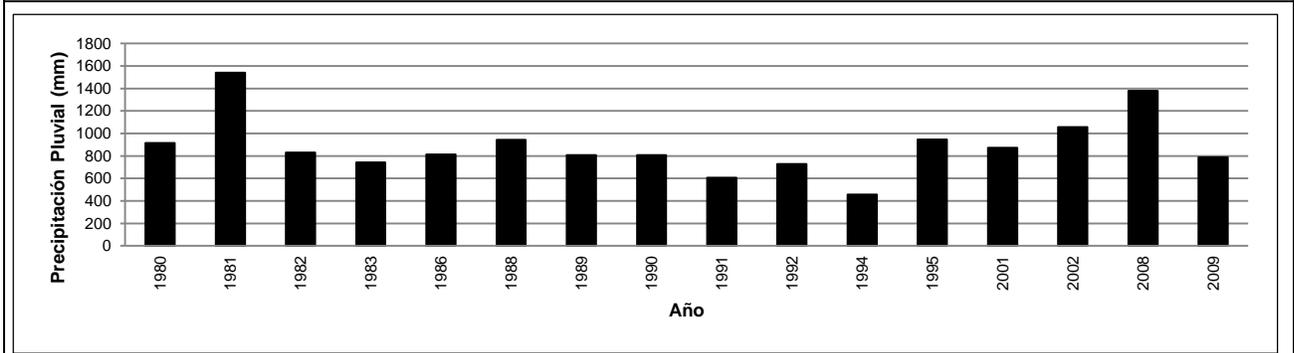


g) Ocotlán de Morelos (Oc)

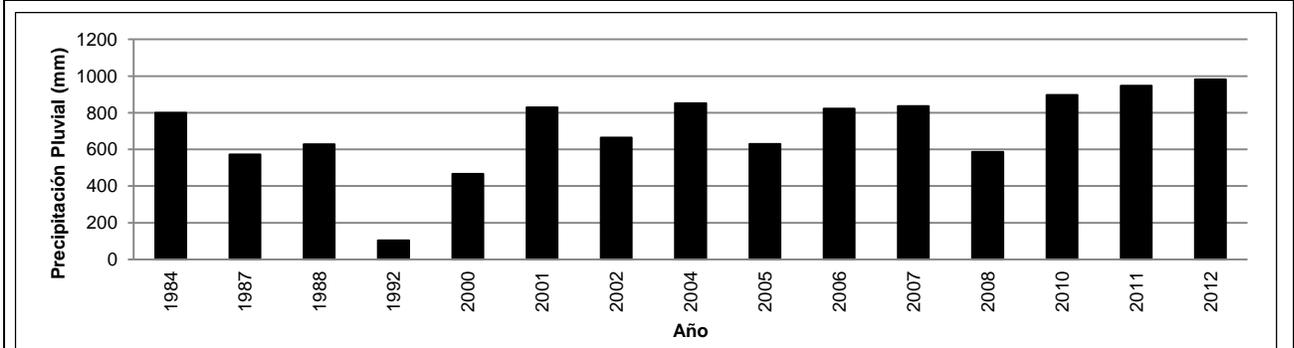
Continúa Figura 59 . . .



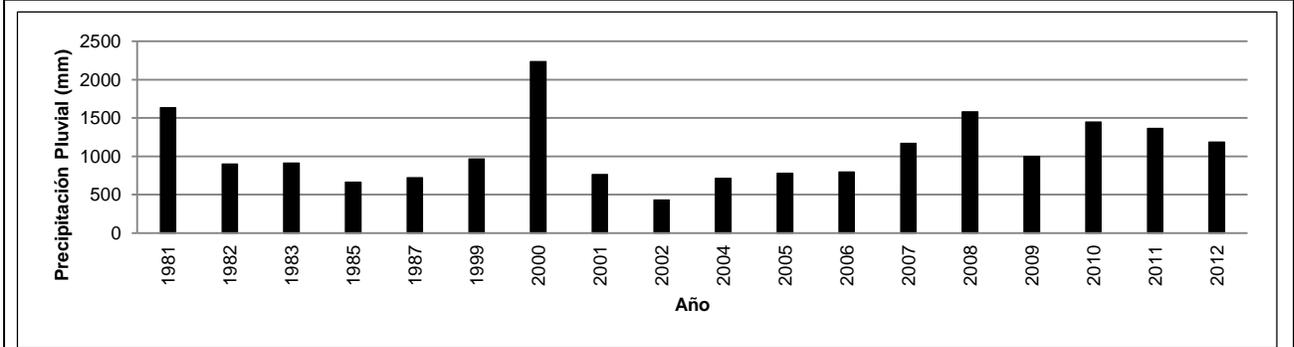
h) San Juan Bautista Tuxtepec (Tx)



i) Puerto Escondido (P/E)



j) Heroica Ciudad de Tlaxiaco (TI)



k) Crucecita (Cr)

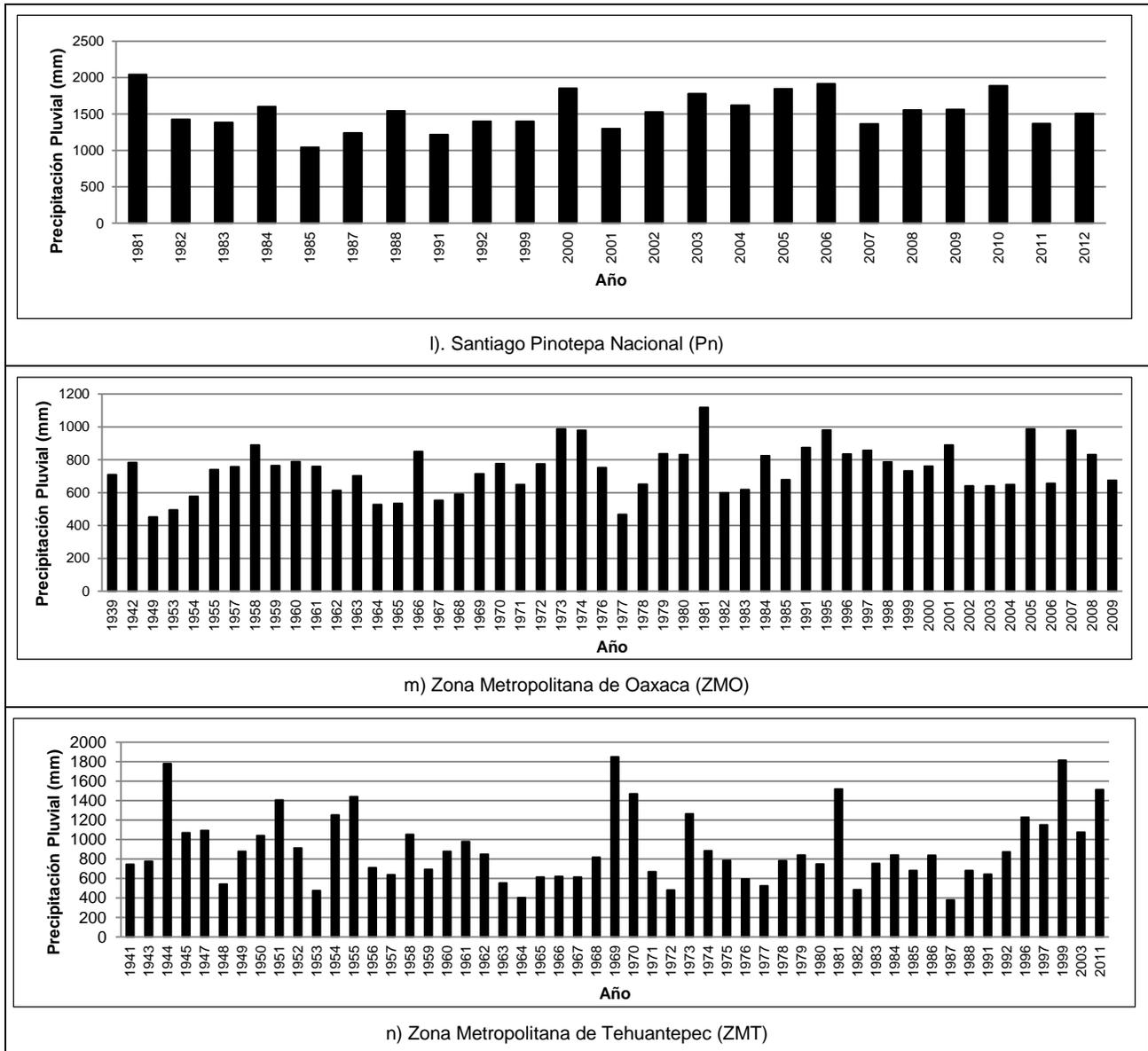


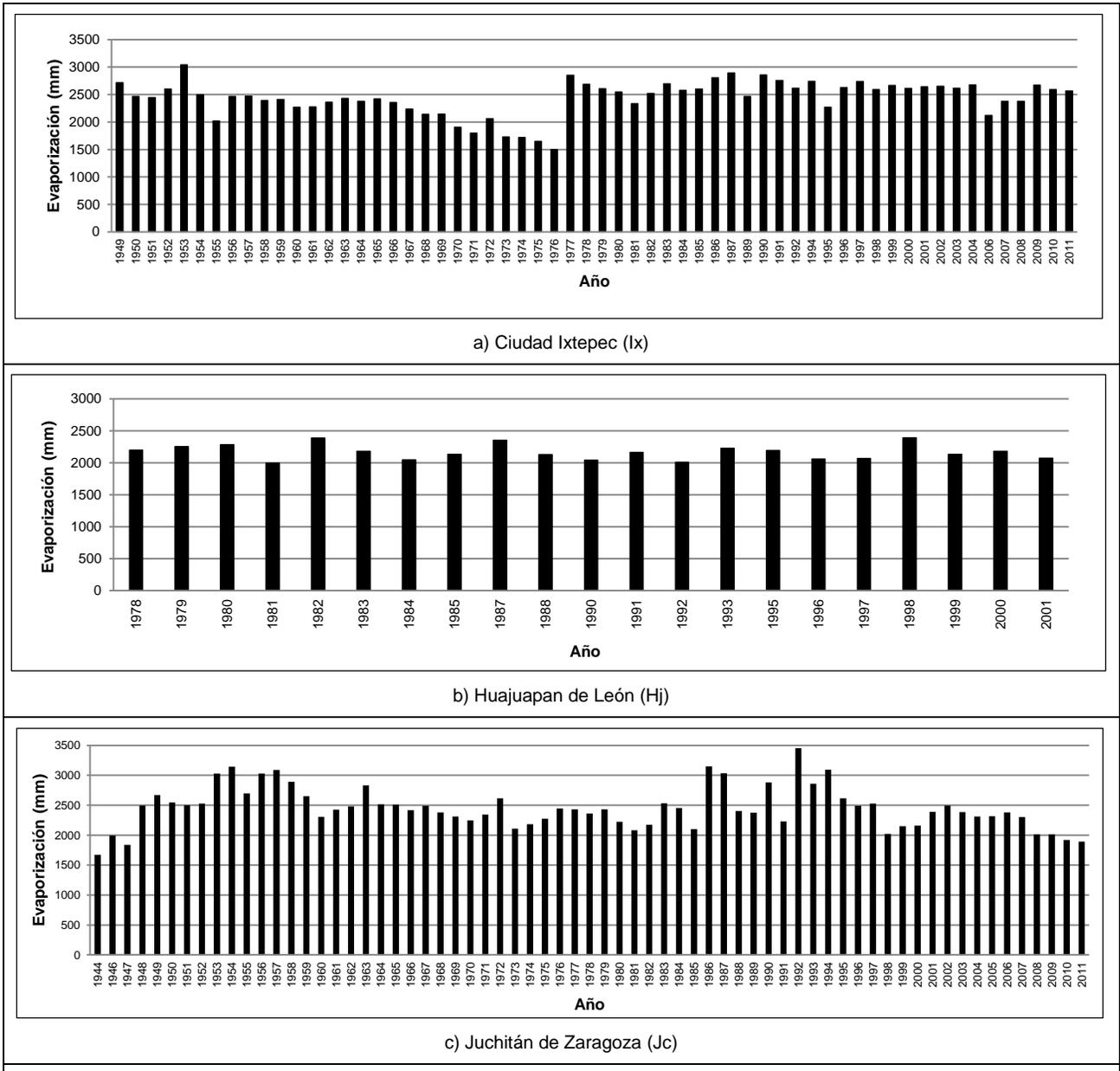
Figura 59 | Ciudades en Oaxaca: Precipitación Pluvial Histórica

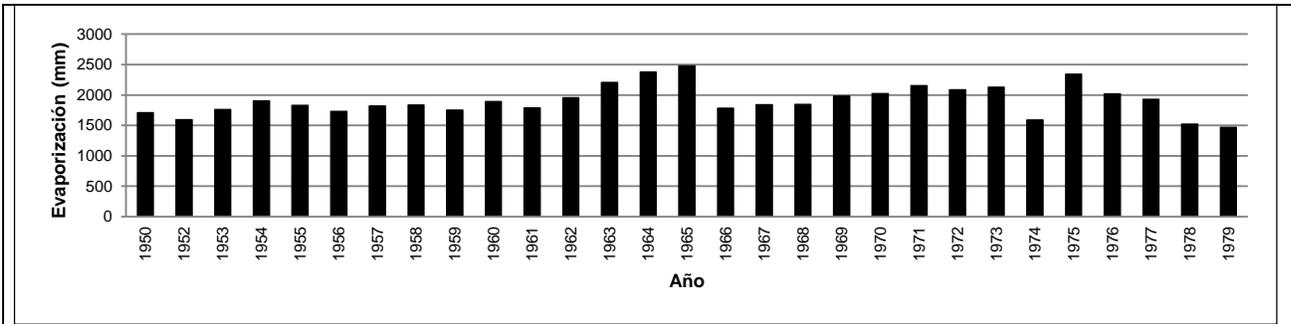
Fuente: El autor a partir de la climatología histórica diaria del SMN (CONAGUA-SMN, 2014a).

4.2.2. Evaporización pluvial

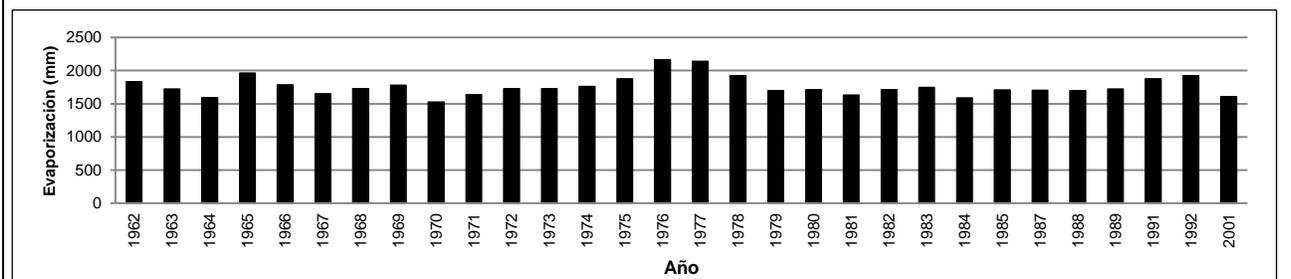
De acuerdo con los datos históricos registrados por las estaciones meteorológicas ubicadas en el estado de Oaxaca de la CONAGUA, se construye la **Figura 60** que muestra el comportamiento de la evaporación anual obtenida para las CdO. Ésta se mantiene en cada urbe con menor coeficiente de variación respecto a la precipitación pluvial y su valor

absoluto es mayor que la precipitación pluvial. El incremento de superficies impermeables en las zonas urbanas produce estas altas pérdidas de agua por su evaporización.

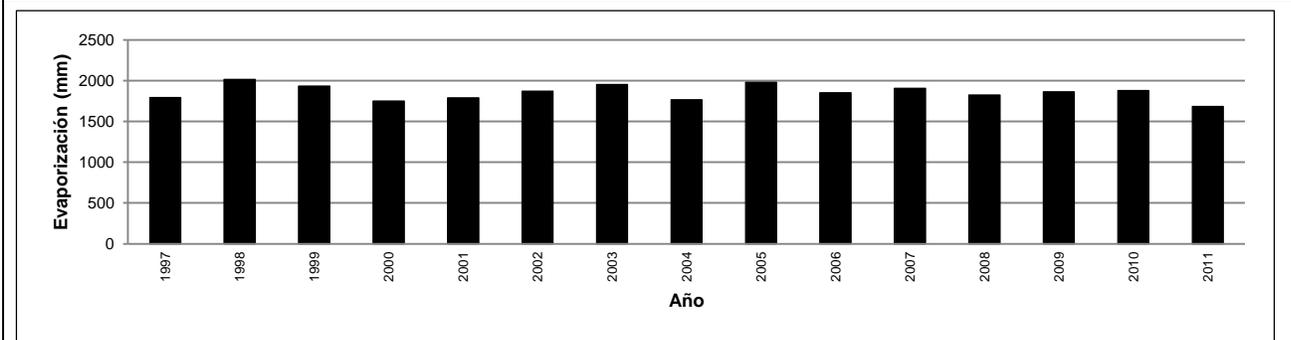




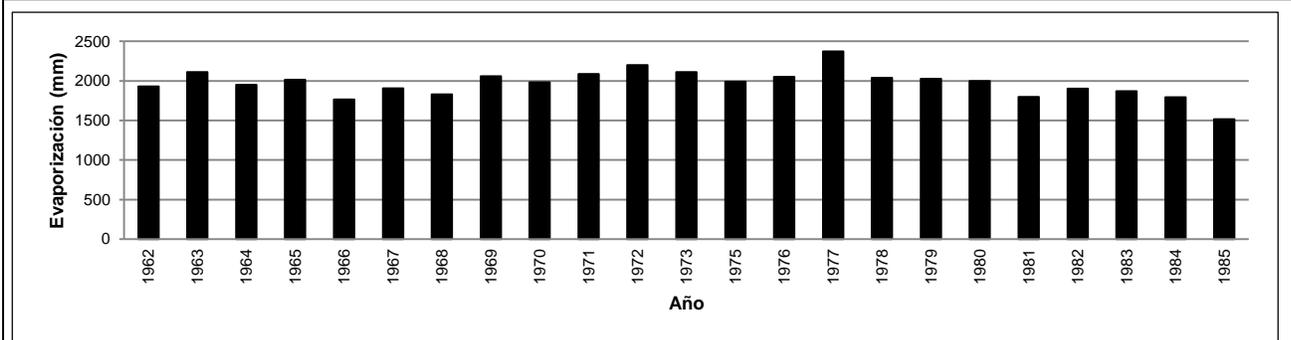
d) Loma Bonita (L/B)



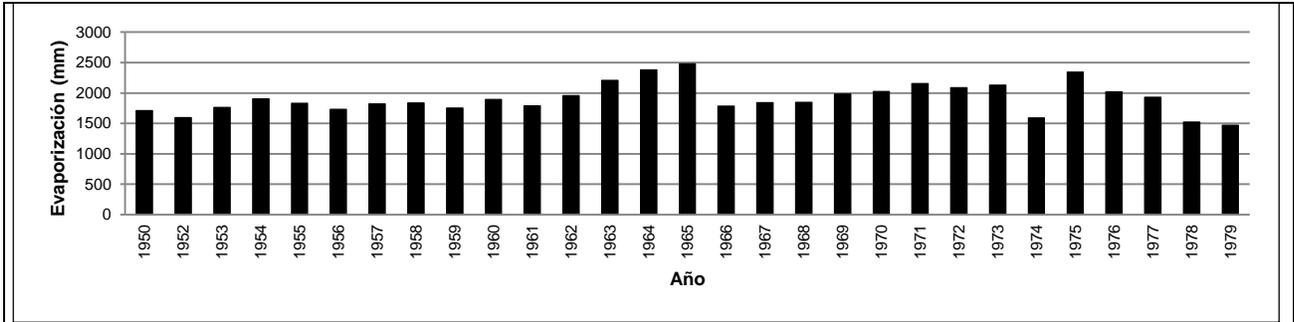
e) Matías Romero Avendaño (MM)



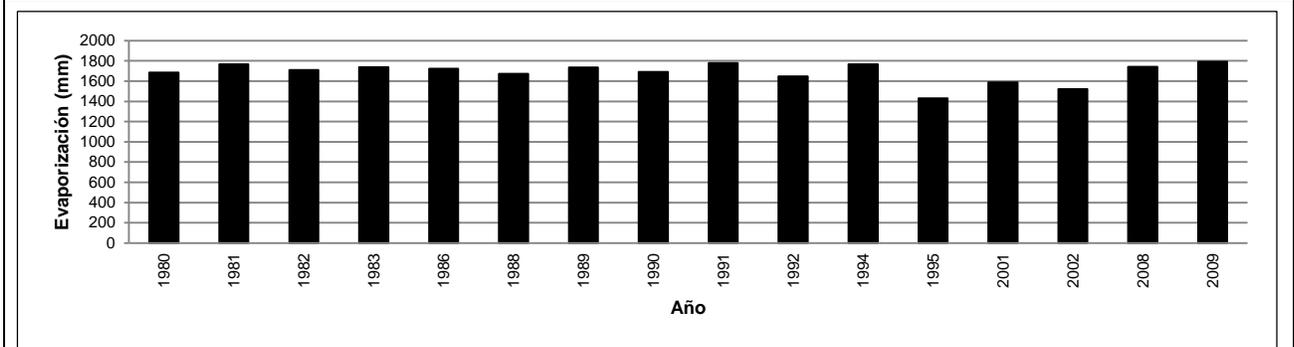
f) Miahuatlán de Porfirio Díaz (Mh)



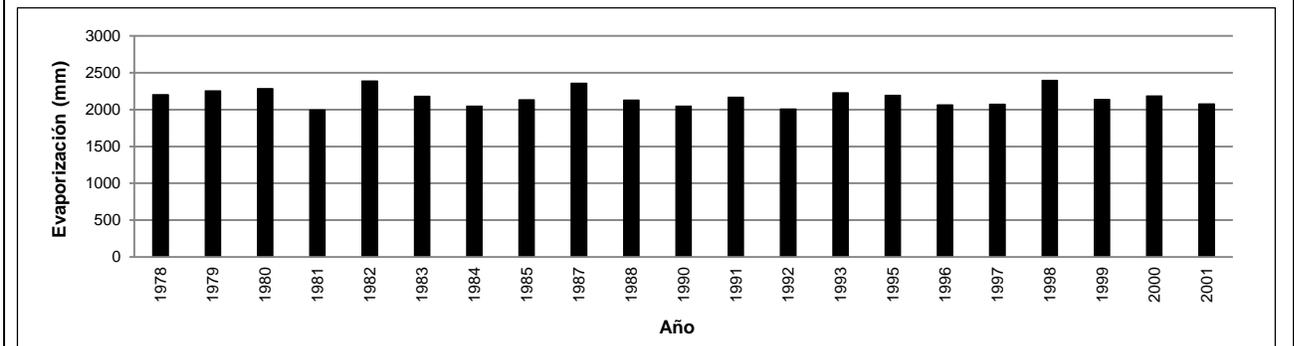
g) Ocotlán de Morelos (Oc)



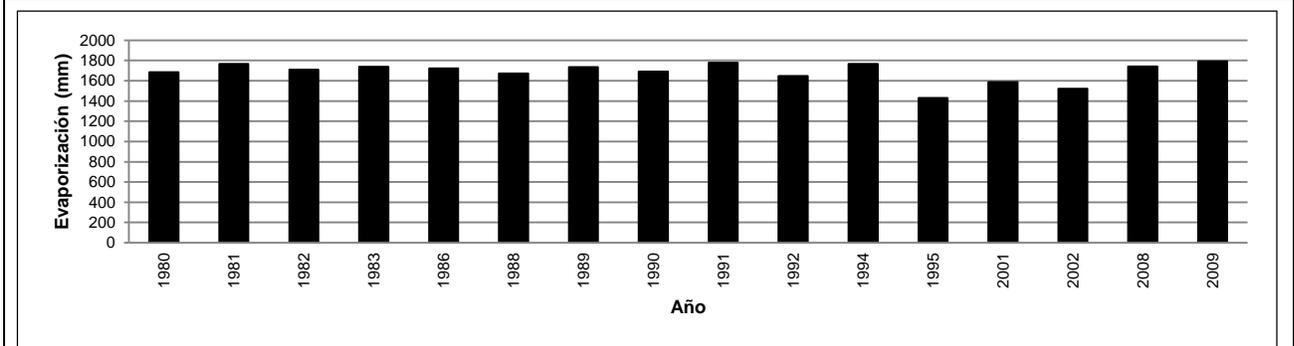
h) San Juan Bautista Tuxtepec (Tx)



i) Puerto Escondido (P/E)



j) Heroica Ciudad de Tlaxiaco (TI)



k) Crucecita (Cr)

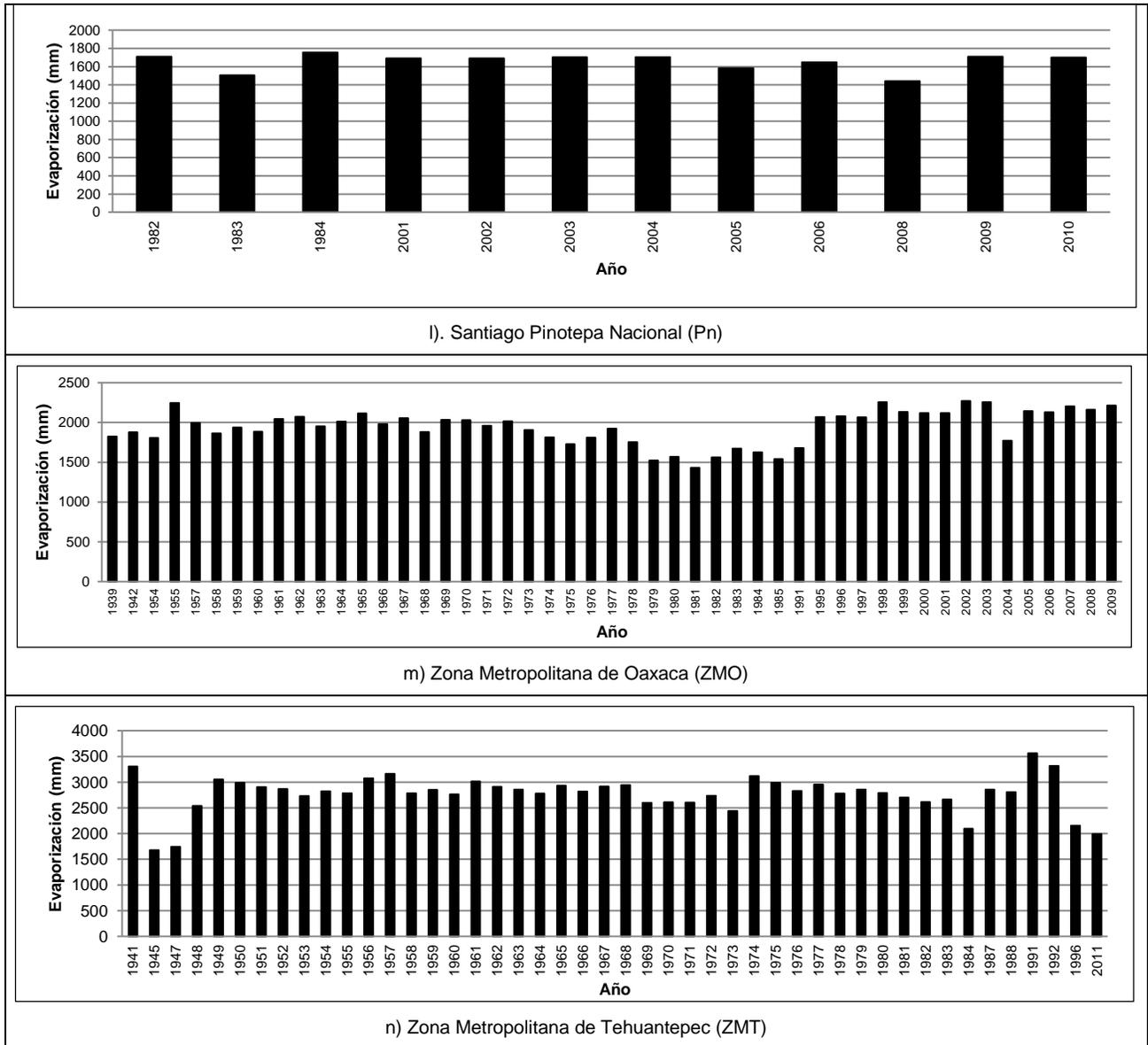
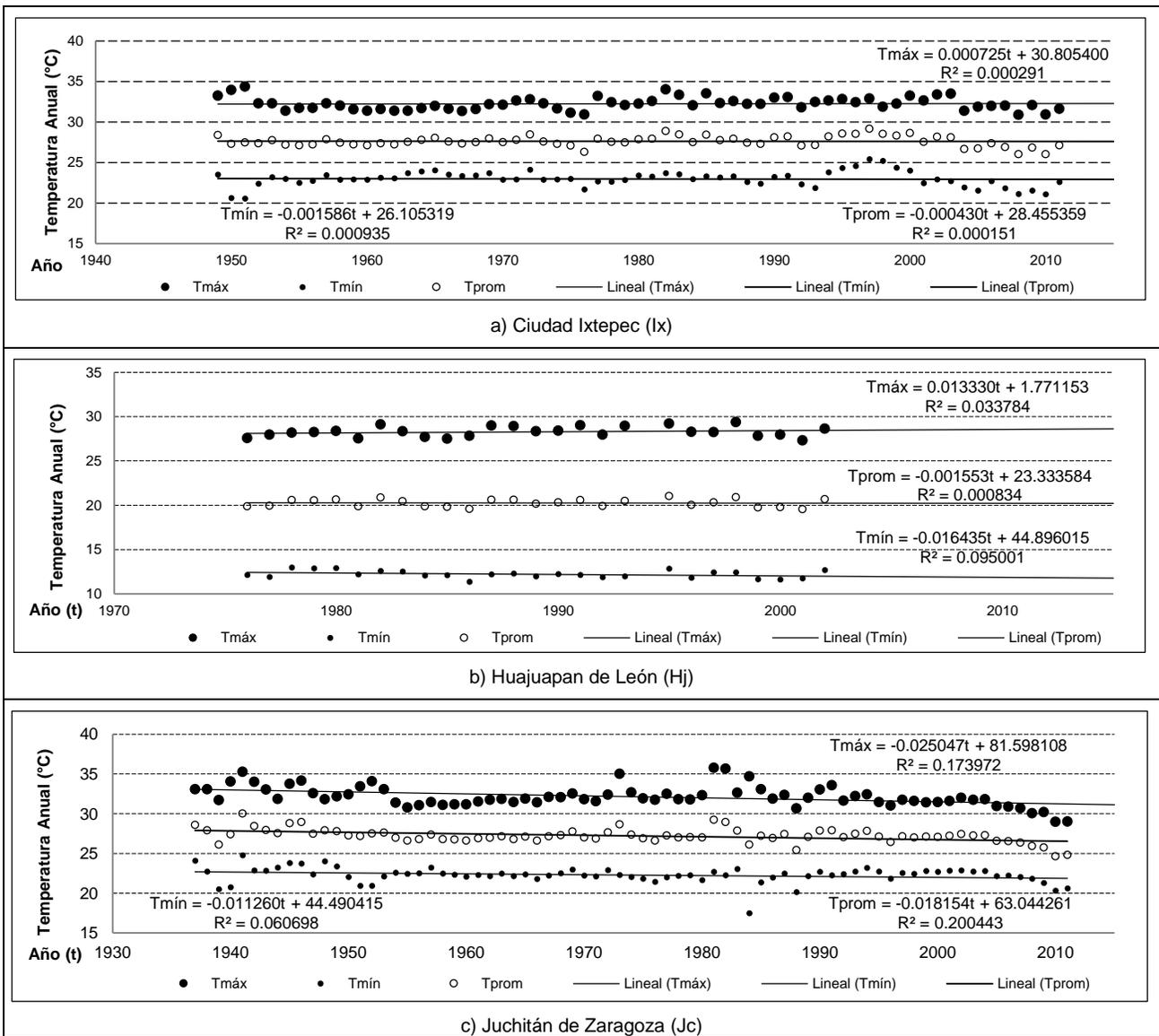


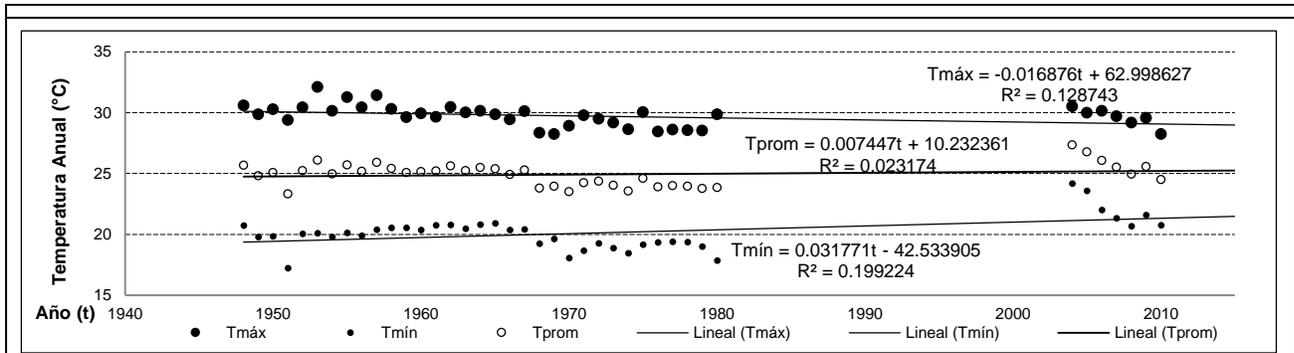
Figura 60 | Ciudades en Oaxaca: Evaporización Histórica

Fuente: El autor a partir de la climatología histórica diaria del SMN (CONAGUA-SMN, 2014a).

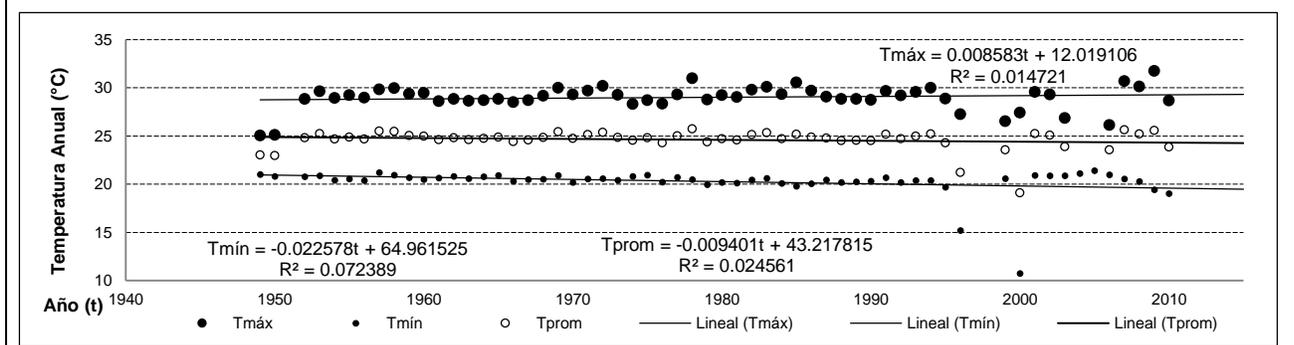
4.2.2. Temperatura

De acuerdo a los datos históricos contenidos para las estaciones meteorológicas en el estado de Oaxaca de la CONAGUA, el comportamiento de la temperatura anual en las CdO se representa en la **Figura 61**. En la figura se aprecia que el mayor aumento de la temperatura promedio ocurrió para la ZMO y para la ciudad de P/E, relacionándose de manera directa con la emisión de GEI a la atmósfera. La ciudad de TI, única con clima templado, presenta disminución en la temperatura máxima y en la mínima. El resto de ciudades pueden considerarse que sus temperaturas han aumentado.

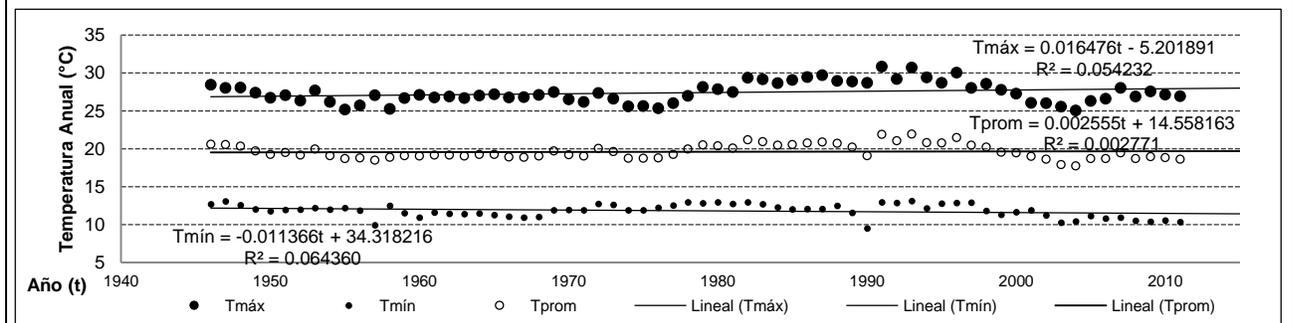




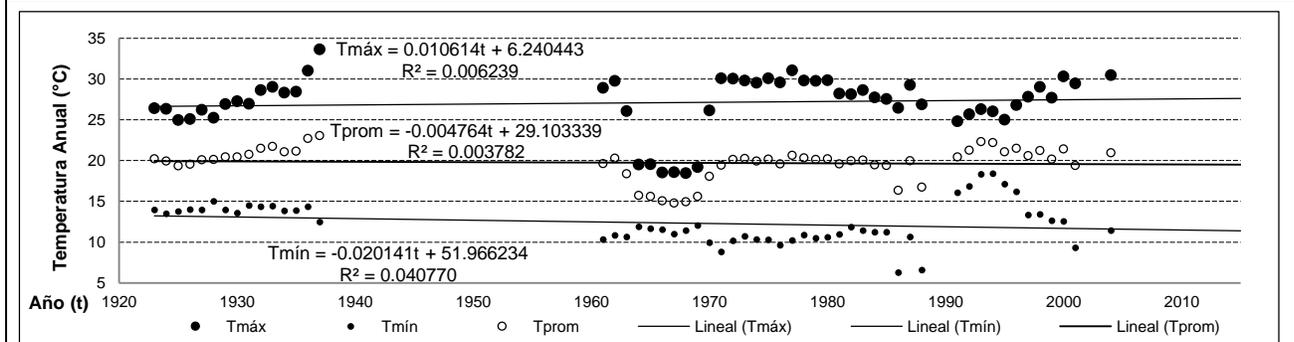
d) Loma Bonita (L/B)



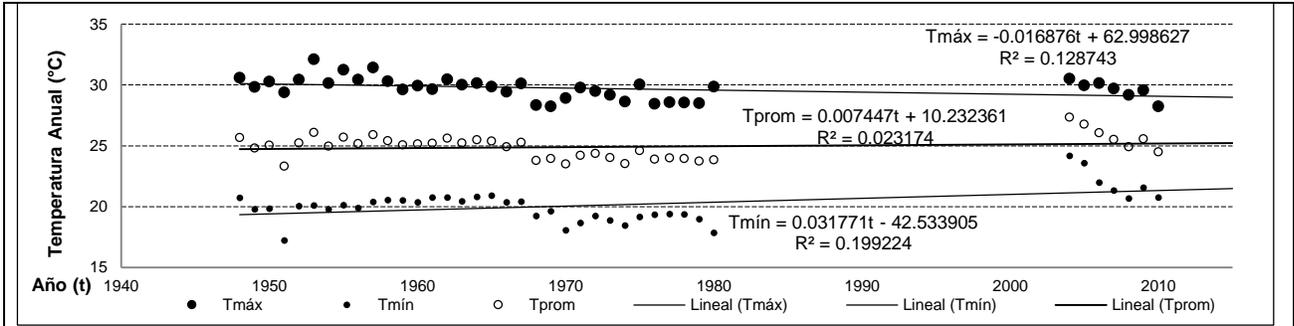
e) Matías Romero Avendaño (MM)



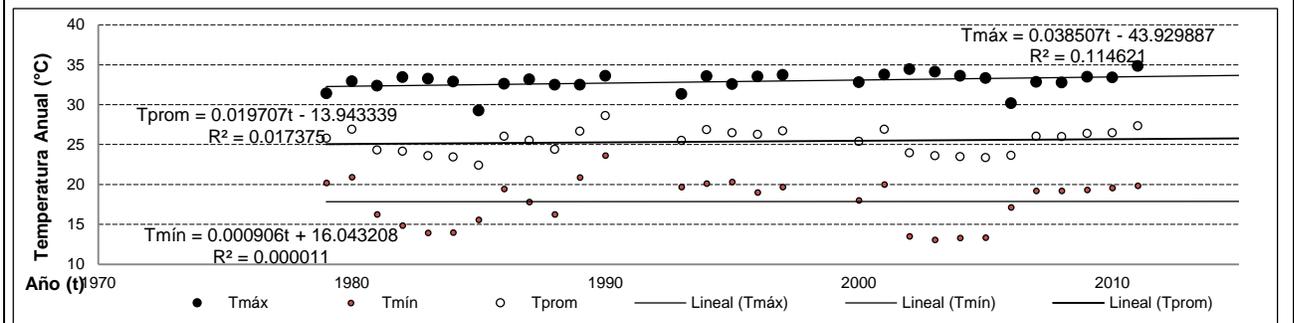
f) Miahuatlán de Porfirio Díaz (Mh)



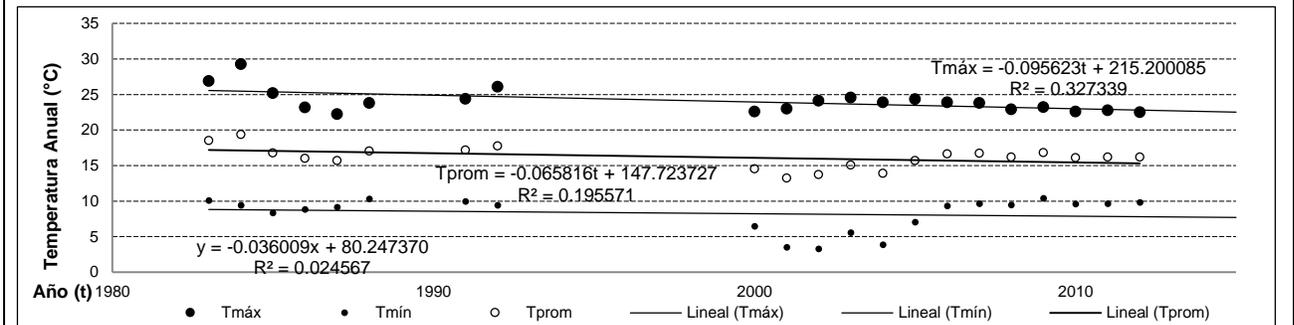
g) Ocotlán de Morelos (Oc)



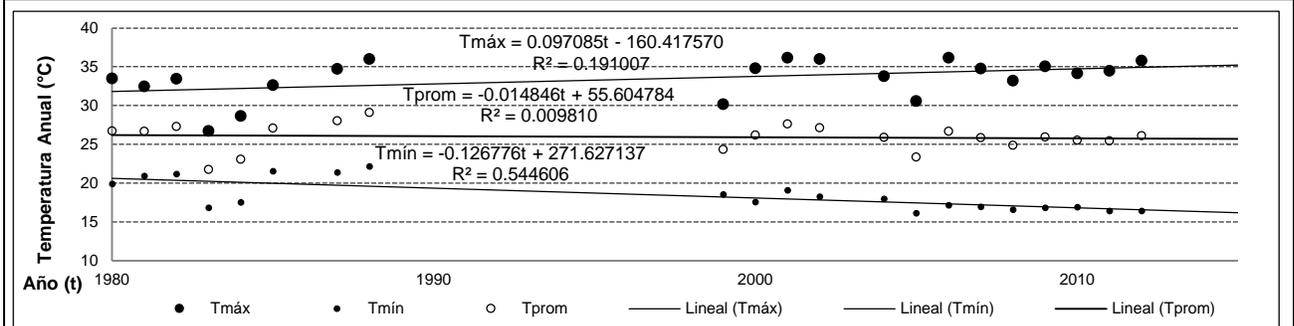
h) San Juan Bautista Tuxtepec (Tx)



i) Puerto Escondido (P/E)



j) Heroica Ciudad de Tlaxiaco (TI)



k) Crucecita (Cr)

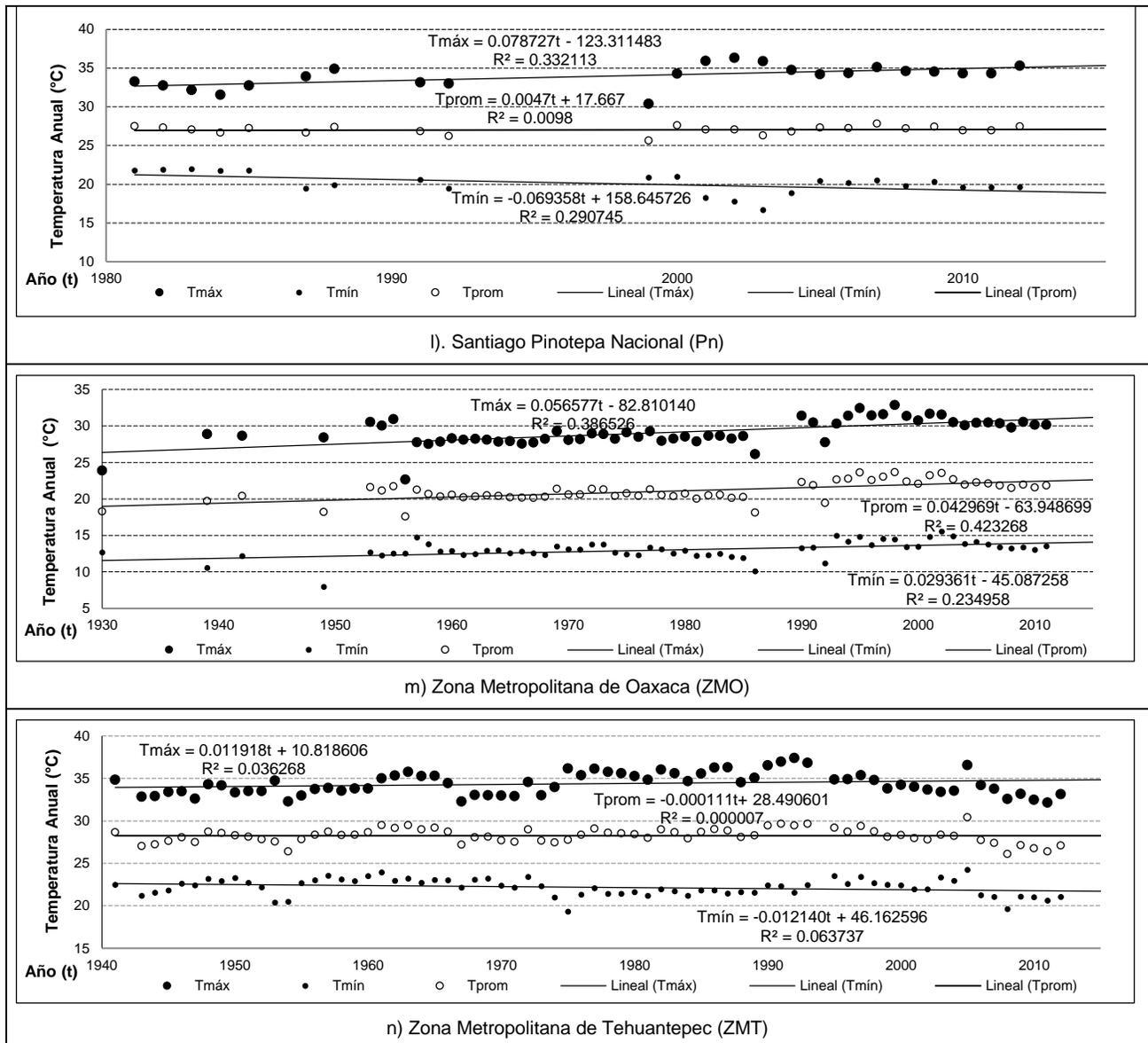


Figura 61 | Ciudades en Oaxaca: Temperatura Histórica

Fuente: El autor a partir de la climatología histórica diaria del SMN (CONAGUA-SMN, 2014a).

4.2.3. Oscilación térmica

De acuerdo con los datos históricos contenidos para las estaciones meteorológicas en el estado de Oaxaca de la CONAGUA, las oscilaciones térmicas anuales en las CdO se incrementaron en las ciudades siguientes: ZMT, Ix, Jc, MM, Pn, Cr, Hj, Mh y Oc (Figura 61). Se determinó con los cambios de la temperatura y la oscilación térmica, una progresiva afectación en bienestar social en todas las ciudades de estudio, teniéndose entonces, temperaturas extremas que generan incrementos en la demanda energética para el confort humano y, una exigencia de adaptación biológica.

En el clima muy cálido la oscilación térmica queda definida anualmente con el mes de enero y mayo con valor de hasta 5 °C, con las mínimas y máximas temperaturas. La ZMT sobresale en este tipo de clima con las mayores temperaturas mensuales (Figura 62).

Para clima cálido los meses de enero y abril definen la oscilación térmica, L/B y Tx en presencia de humedad presentaron una oscilación de 7°C, similar a la obtenida en la ciudad de MM y, en P/E se obtuvo una oscilación superior a los 3 °C (Figura 63).

En clima semicálido subhúmedo, la oscilación térmica obtenida es de 5°C y para la ciudad de TI con clima templado subhúmedo la oscilación determinada es de 4 °C (Figura 64).

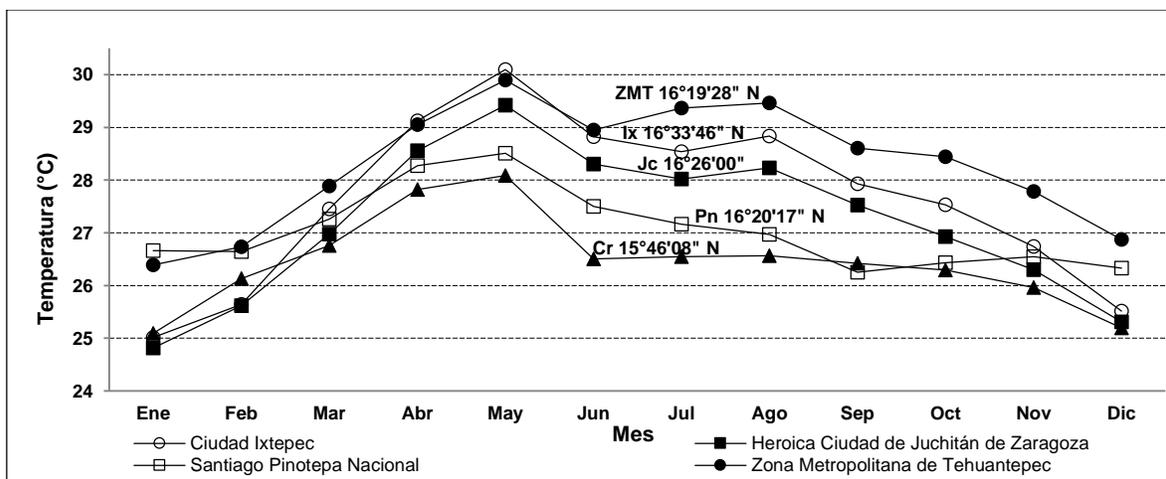


Figura 62 | Ciudades en Oaxaca con Clima muy Cálido: Oscilación Térmica Anual

Fuente: El autor a partir de la climatología histórica diaria del SMN (CONAGUA-SMN, 2014a).

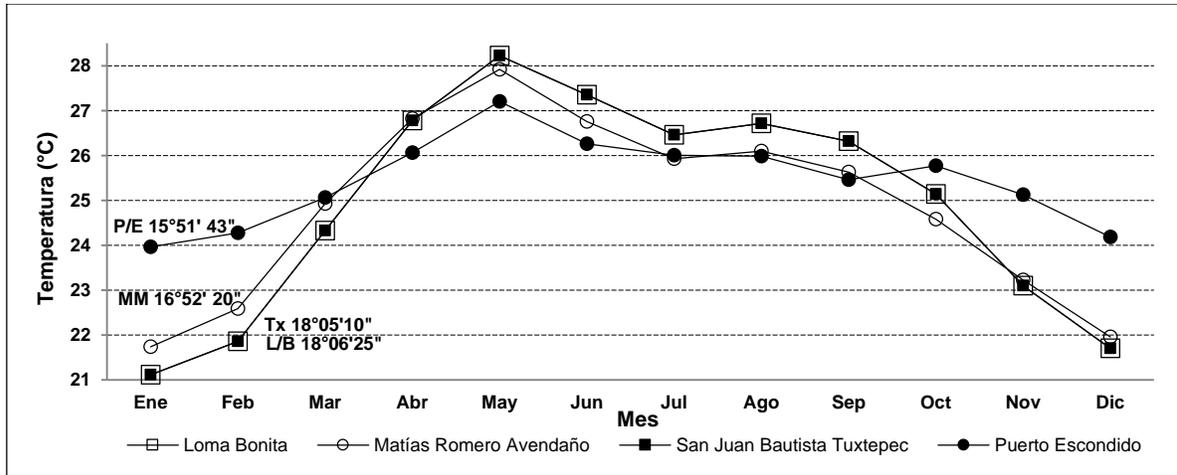


Figura 63 | Ciudades en Oaxaca con Clima Cálido: Oscilación Térmica Anual
 Fuente: El autor a partir de la climatología histórica diaria del SMN (CONAGUA-SMN, 2014a).

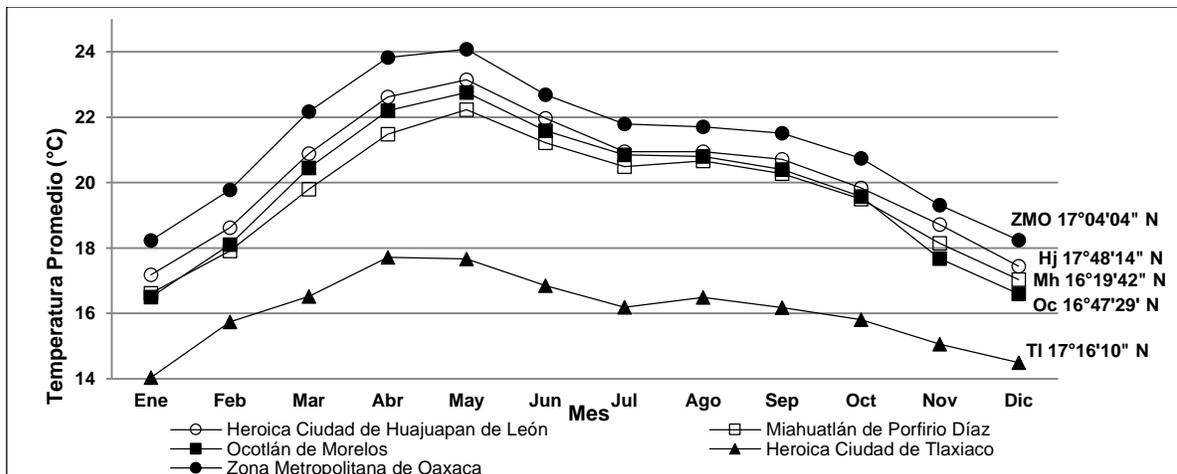


Figura 64 | Ciudades en Oaxaca con Clima Semicálido y Templado: Oscilación Térmica Anual
 Fuente: El autor a partir de la climatología histórica diaria del SMN (CONAGUA-SMN, 2014a).

4.3. El Comportamiento del Cambio Climático en el Proceso de Desarrollo de las Ciudades de Oaxaca

En este apartado se presentan los valores de los índices y el análisis de su comportamiento temporal. Los valores del desarrollo urbano sustentable y del cambio climático, se obtuvieron como promedio geométrico de los subíndices en las dimensiones definidas en el modelo teórico de investigación para cada variable.

El **ÍNDICE DE DESARROLLO URBANO SUSTENTABLE** se integra con los subíndices social, económico y ambiental del desarrollo urbano (**Figura 65**). El nivel general del índice presenta estabilidad y, en promedio, aumentó un 5 ‰ por año; esto se logró por compensación entre los índices social y económico del desarrollo urbano. La compensación anterior se explica con la disminución del subíndice social y el aumento del subíndice económico del desarrollo urbano. El subíndice ambiental del desarrollo urbano, por su parte, se mantuvo, con más estabilidad, lo cual significa que las ciudades afectan negativamente al ambiente y que sus habitantes se benefician aún con recursos naturales básicos, entre ellos el agua.

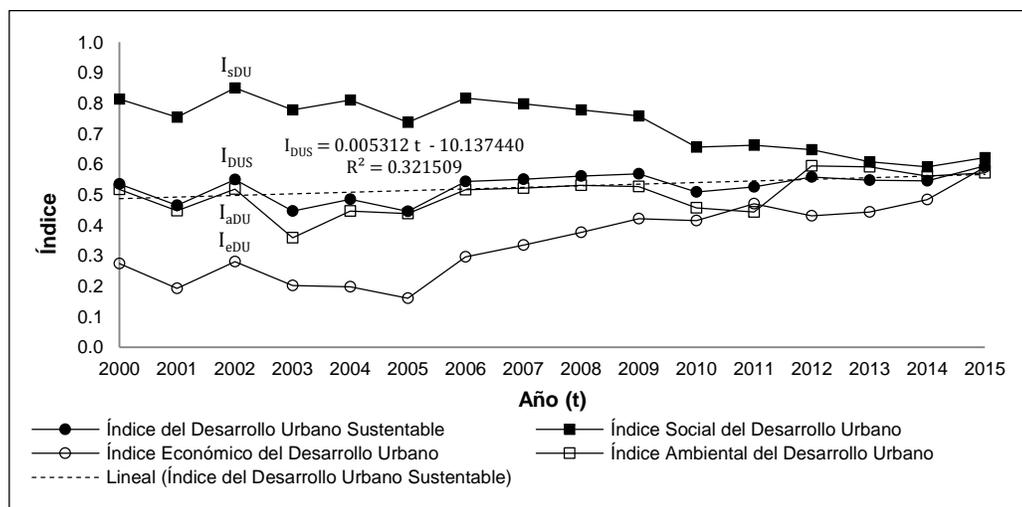


Figura 65 | Índice del Desarrollo Urbano Sustentable e Índices que lo integran

Fuente: El autor.

Los resultados obtenidos para las ciudades por estrato poblacional (**Figura 66**), indican que el intervalo de 500 a 1000 mil hab (ZMO), se mantuvo con el menor índice de desarrollo urbano sustentable en la primera década del siglo XXI y tuvo un repunte al inicio de la segunda; hecho que coincide con una transformación política más activa percibida en esta zona. Ésta, corresponde a la ciudad que concentra los órganos de gobierno y, en la misma, se tuvo en mayor número, manifestaciones sociales. El comportamiento del índice para el intervalo 100 a 500 mil hab es inverso; es decir, éste mantiene valor más alto en la primera década y, en el último quinquenio, redujo su valor.

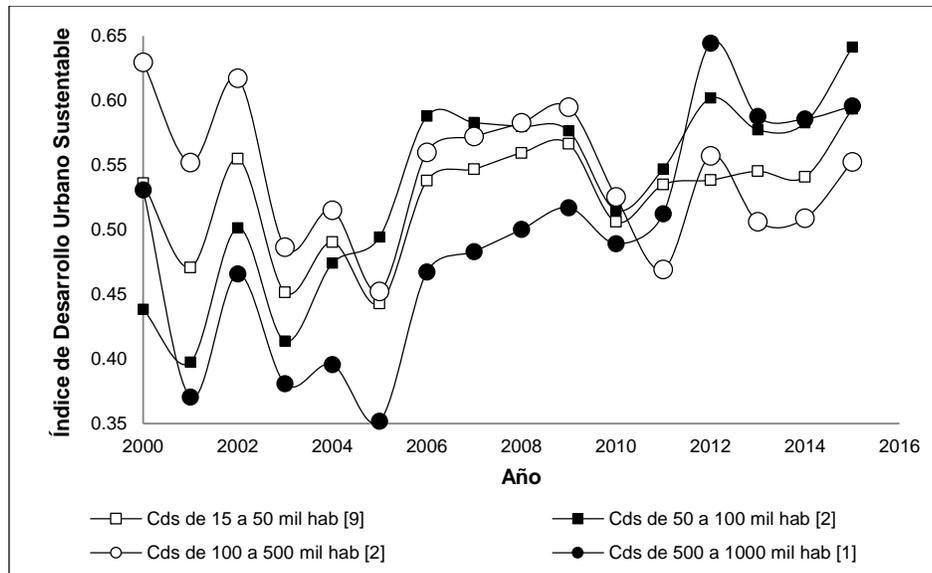


Figura 66 | Índice del Desarrollo Urbano Sustentable: Estratos Poblacionales

Fuente: El autor.

El **ÍNDICE DE CAMBIO CLIMÁTICO** se integra con el índice de presión ambiental urbana, índice de estado del cambio climático e índice de respuesta urbana al cambio climático. En general, el índice de cambio climático presentó una tendencia lineal positiva con pendiente ligeramente mayor a la mínima positiva que tuvo el índice de estado del cambio climático, en comparación con el resto de los índices mostrados en la **Figura 67**.

Destaca el incremento considerable de la presión ambiental urbana que contribuye a condiciones de cambio climático, definido con la pendiente más alta registrada. De todos los índices, el único que presentó una tendencia negativa fue el de respuesta urbana, esto significa que no se mantuvo e, incluso, disminuyeron las condiciones de respuesta urbana al cambio climático.

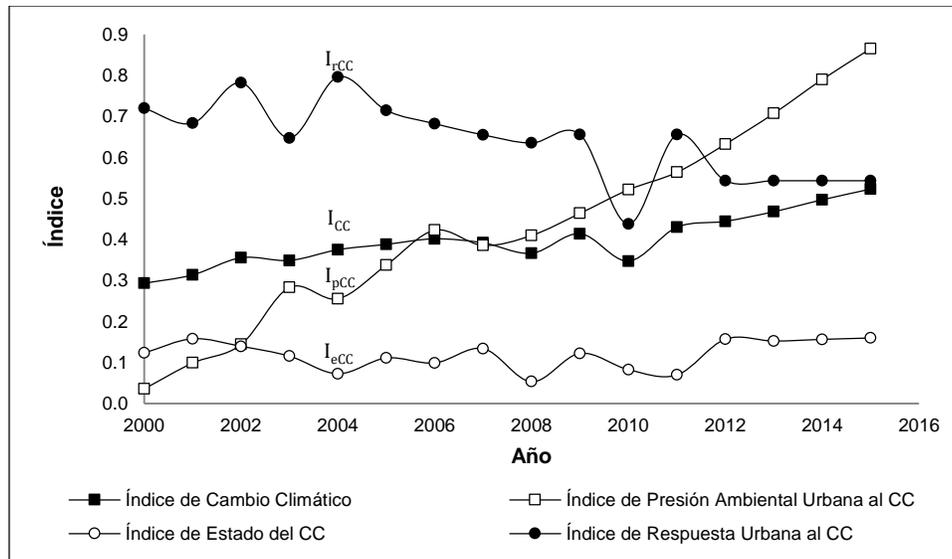


Figura 67 | Índice de Cambio Climático e Índices que lo integran

Fuente: El autor

Las ciudades de acuerdo al tamaño poblacional (Figura 68), dentro del intervalo de 500 a 1000 mil hab (ZMO), se mantuvo con el mayor índice de cambio climático durante todo el periodo de análisis, mostrando, en el futuro y con las condiciones actuales una tendencia positiva en el mismo. El caso del intervalo de ciudades de 15 a 50 mil hab, las condiciones del índice se ajustaron a una tendencia lineal con un coeficiente de correlación lineal de 0.95. En general, las ciudades en Oaxaca muestran –de seguir las condiciones actuales– una tendencia positiva en el índice de cambio climático, originando gran afectación al bienestar humano.

Los índices obtenidos para las variables de cambio climático y desarrollo urbano sustentable, se muestran en la Figura 69, en ésta se aprecian valores mayores para el desarrollo urbano sustentable, respecto los de cambio climático. El desarrollo social y el desarrollo económico elevan los valores del desarrollo urbano sustentable, mientras que la presión que ejercen las ciudades al ambiente, aunado con la mínima respuesta a la manifestación del cambio en el clima reducen el valor de la variable de cambio climático.

El hecho de que a través del periodo de estudio el cambio climático presente anualmente mayor crecimiento, muestra la necesidad de aumentar la respuesta social y política para mitigar efectos provocados por el clima. En el caso del desarrollo urbano

sustentable, el desarrollo urbano social en promedio mantiene su valor, pero el bienestar social se ve ya afectado por el cambio en el clima.

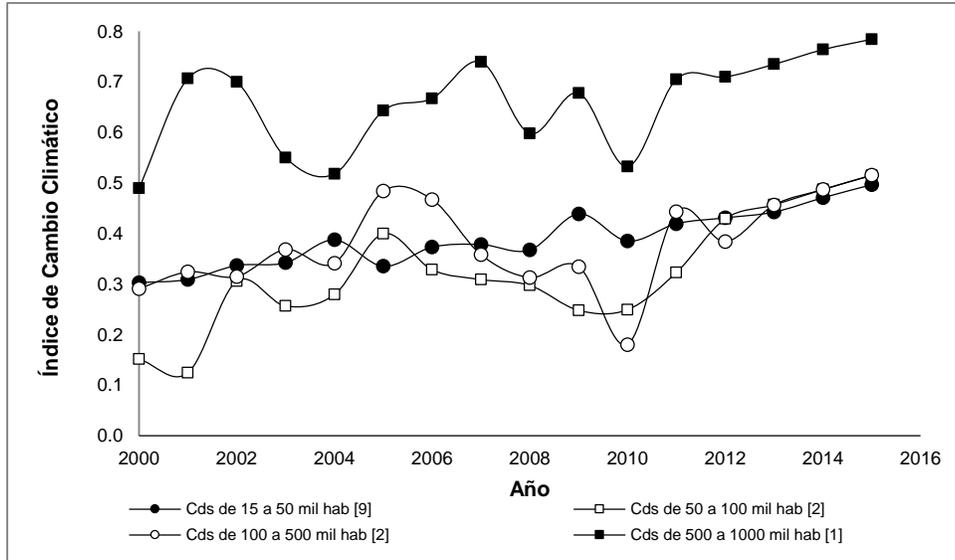


Figura 68 | Índice de Cambio Climático: Estratificación Poblacional

Fuente: El autor.

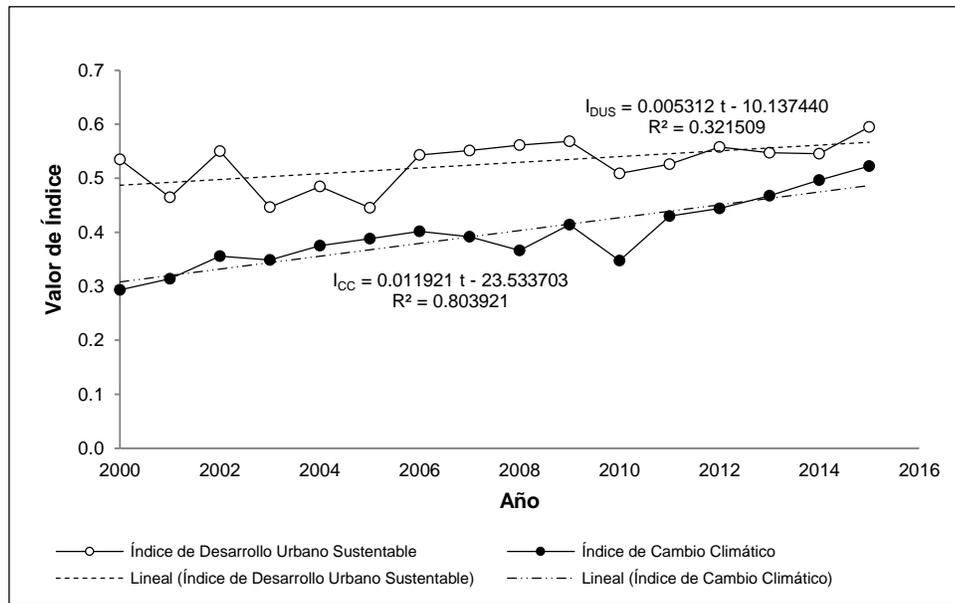


Figura 69 | Índices de Cambio Climático y Desarrollo Urbano Sustentable

Fuente: El autor.

RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE HIPÓTESIS

A continuación se presentan los resultados y las decisiones obtenidas en los contrastes de las hipótesis de investigación, cuyos procedimientos se han descrito en el Capítulo III.

CONTRASTE DE LA HIPÓTESIS A DE INVESTIGACIÓN

Con LA HIPÓTESIS A descrita en el capítulos I se esperaba que, durante el periodo 2000–2015, el desarrollo urbano sustentable de las ciudades en Oaxaca hubiera disminuido a consecuencia de la manifestación del cambio climático y la reducción en la dotación de agua para las actividades humanas. Además, se estableció para la prueba una hipótesis nula contraria a la hipótesis de interés. De manera estadística las hipótesis son:

- Hipótesis nula o efecto cero (H_0)

$H_0: \rho \geq 0$ Y la correlación en la población (ρ) de las variables cambio climático (I_{CC}) y desarrollo urbano sustentable (I_{DUS}) es cero o positiva; es decir, existe relación cero o directamente proporcional entre las variables analizadas.

- Hipótesis alternativa o de investigación (H_A)

$H_A: \rho < 0$ Y la correlación en la población (ρ) de las variables cambio climático (I_{CC}) y desarrollo urbano sustentable (I_{DUS}) es menor a cero; es decir, el desarrollo urbano sustentable disminuye a consecuencia de la manifestación del cambio climático.

Por la forma en que se expresa la hipótesis alternativa su **prueba de hipótesis es de tipo unilateral** negativa (Figura 70), seleccionando para ello niveles de significación de 1% y 5%. De acuerdo con el tamaño de muestra, se define la t de Student como estadístico de prueba, mismo que es determinado con la Ecuación 51.

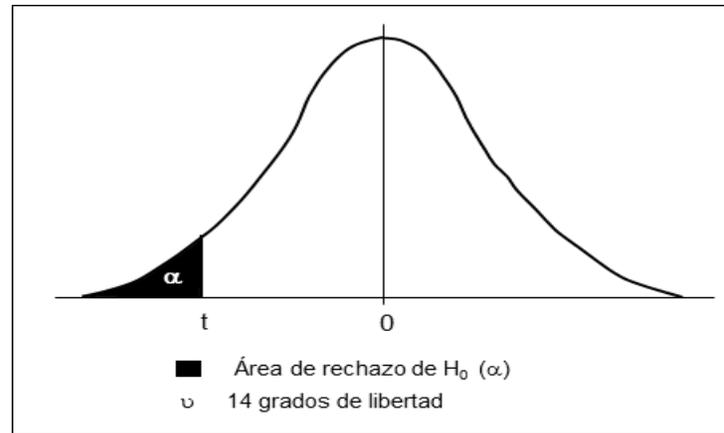


Figura 70 | Regla de Decisión Contraste Negativo t Studet

Fuente: El autor.

A partir de su prueba y con un nivel de significación de 0.01, **la hipótesis A se rechaza** a este nivel; es decir, se tiene una confianza de 99 % que la relación entre las variables es positiva y el desarrollo urbano sustentable solamente atenúa o mitiga el cambio climático. De manera particular, en el caso de Ix y para la ZMT la relación entre las variables es inversamente proporcional, con resultados altamente significativos para la primera y significativos al nivel de 5% para la segunda. La relación negativa entonces, se regionaliza en parte del Istmo, donde se tiene un clima muy cálido y una transformación energética con la utilización de energía eólica (Tabla 14).

Tabla 14 | Valores en la Prueba t Student para la Hipótesis de Investigación A

Nivel de significación: 1%									Nivel de significación: 5%								
Cd	H ₀	H _A	v	α	t	r	t _m	Decisión	Cd	H ₀	H _A	v	α	t	r	t _m	Decisión
Ix	ρ ≥ 0	ρ < 0	14	0.01	-2.624	-0.68	-4.590	Aceptamos H _A	Ix	ρ ≥ 0	ρ < 0	14	0.05	-1.761	-0.68	-4.590	Aceptamos H _A
Hj	ρ ≥ 0	ρ < 0	14	0.01	-2.624	0.55	2.799	Rechazamos H _A	Hj	ρ ≥ 0	ρ < 0	14	0.05	-1.761	0.55	2.799	Rechazamos H _A
Jc	ρ ≥ 0	ρ < 0	14	0.01	-2.624	0.77	6.939	Rechazamos H _A	Jc	ρ ≥ 0	ρ < 0	14	0.05	-1.761	0.77	6.939	Rechazamos H _A
L/B	ρ ≥ 0	ρ < 0	14	0.01	-2.624	0.70	5.007	Rechazamos H _A	L/B	ρ ≥ 0	ρ < 0	14	0.05	-1.761	0.70	5.007	Rechazamos H _A
MM	ρ ≥ 0	ρ < 0	14	0.01	-2.624	0.42	1.814	Rechazamos H _A	MM	ρ ≥ 0	ρ < 0	14	0.05	-1.761	0.42	1.814	Rechazamos H _A
Mh	ρ ≥ 0	ρ < 0	14	0.01	-2.624	0.30	1.190	Rechazamos H _A	Mh	ρ ≥ 0	ρ < 0	14	0.05	-1.761	0.30	1.190	Rechazamos H _A
Oc	ρ ≥ 0	ρ < 0	14	0.01	-2.624	0.32	1.308	Rechazamos H _A	Oc	ρ ≥ 0	ρ < 0	14	0.05	-1.761	0.32	1.308	Rechazamos H _A
Tx	ρ ≥ 0	ρ < 0	14	0.01	-2.624	0.39	1.665	Rechazamos H _A	Tx	ρ ≥ 0	ρ < 0	14	0.05	-1.761	0.39	1.665	Rechazamos H _A
P/E	ρ ≥ 0	ρ < 0	14	0.01	-2.624	0.59	3.313	Rechazamos H _A	P/E	ρ ≥ 0	ρ < 0	14	0.05	-1.761	0.59	3.313	Rechazamos H _A
TI	ρ ≥ 0	ρ < 0	14	0.01	-2.624	-0.08	-0.294	Rechazamos H _A	TI	ρ ≥ 0	ρ < 0	14	0.05	-1.761	-0.08	-0.294	Rechazamos H _A
Cr	ρ ≥ 0	ρ < 0	14	0.01	-2.624	0.52	2.599	Rechazamos H _A	Cr	ρ ≥ 0	ρ < 0	14	0.05	-1.761	0.52	2.599	Rechazamos H _A
Pn	ρ ≥ 0	ρ < 0	14	0.01	-2.624	0.82	9.161	Rechazamos H _A	Pn	ρ ≥ 0	ρ < 0	14	0.05	-1.761	0.82	9.161	Rechazamos H _A
ZMO	ρ ≥ 0	ρ < 0	14	0.01	-2.624	0.44	1.961	Rechazamos H _A	ZMO	ρ ≥ 0	ρ < 0	14	0.05	-1.761	0.44	1.961	Rechazamos H _A
ZMT	ρ ≥ 0	ρ < 0	14	0.01	-2.624	-0.41	-1.784	Rechazamos H _A	ZMT	ρ ≥ 0	ρ < 0	14	0.05	-1.761	-0.41	-1.784	Aceptamos H _A
CdO	ρ ≥ 0	ρ < 0	14	0.01	-2.624	0.53	2.700	Rechazamos H _A	CdO	ρ ≥ 0	ρ < 0	14	0.05	-1.761	0.53	2.700	Rechazamos H _A

Fuente: El autor.

Nota. La regla de decisión define la aceptación o rechazo, si $t_m < t$ aceptamos H_A y si $t_m \geq t$ rechazamos H_A.

Cd : Ciudad.

CdO : Ciudades en Oaxaca.

H₀ : Hipótesis nula, indica una relación no negativa entre las variables CC y DUS.

H_A : Hipótesis A de investigación, indica relación negativa entre las variables CC y DUS.

ρ : Parámetro, medida en la población estadística que indica correlación entre las variables CC y DUS.

v : Grados de libertad, definido con el tamaño de la muestra (n=16 años) menos 2.

α : Nivel de significación utilizado en la prueba de la hipótesis (1% y 5%).

t : Valor t Student definido por la misma distribución muestral.

r : Estadístico, medida en la muestra estadística que indica correlación entre las variables CC y DUS.

t_m : Estadístico de prueba t Student, obtenido a partir de las observaciones muestrales.

En general al asociar las variables de desarrollo urbano sustentable y de cambio climático, linealmente se obtiene un coeficiente de correlación de Pearson positivo de 53%, indicando una relación media que es directamente proporcional (Figura 71 a). El coeficiente de determinación calculado es 29%, cuyo porcentaje es la variación total del índice de desarrollo urbano sustentable que se explica, o contabiliza, por la variación en el índice de cambio climático.

Al construirse otros modelos, se obtienen valores similares al lineal en el coeficiente de determinación de 27% y 31% para el logarítmico y el polinómico grado 3, respectivamente (Figura 71 b y c).

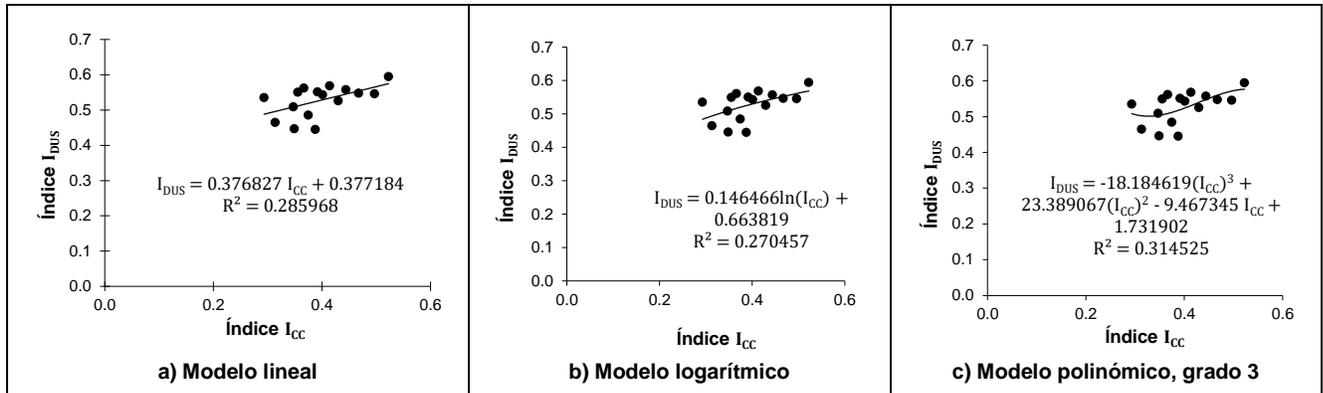


Figura 71 | Modelos de Relación de Índices: Desarrollo Urbano Sustentable y Cambio Climático

Fuente: El autor.

CONTRASTE DE LA HIPÓTESIS B DE INVESTIGACIÓN

La HIPÓTESIS B puntualizada en el capítulo I establece que de las 14 ciudades seleccionadas, se esperaba que, en Oaxaca, las zonas metropolitanas estuvieran ocasionando la mayor contribución al cambio climático, porque emiten la mayor cantidad de gases de efecto invernadero, generan la mayor cantidad de desechos sólidos y demandan más recursos naturales. Para el contraste de la hipótesis se evalúa la diferencia de parámetros de dos poblaciones estadísticas, correspondientes a medias aritméticas y para ello se establece una hipótesis nula. De manera estadística las hipótesis se citan como:

- Hipótesis nula o efecto cero (H_0):

$$H_0: \mu_{CCZM} = \mu_{CCCd}$$

Y en Oaxaca, no existe diferencia en la contribución al cambio climático entre las zonas metropolitanas y las ciudades con población mayor a 15 000 habitantes.

- Hipótesis Alternativa o de Investigación (H_B):

$$H_B: \mu_{CCZM} > \mu_{CCCd}$$

Y en Oaxaca, las zonas metropolitanas ocasionan la mayor contribución al cambio climático que el resto de ciudades con más de 15000 habitantes.

Por la forma en que se expresa la hipótesis alternativa **la prueba de hipótesis es de tipo unilateral** positiva (Figura 72), seleccionando para ello niveles de significación de 1% y 5%. De acuerdo con el tamaño de muestra, se define la **t de Student** como el estadístico de prueba, mismo que se determina con la Ecuación 52.

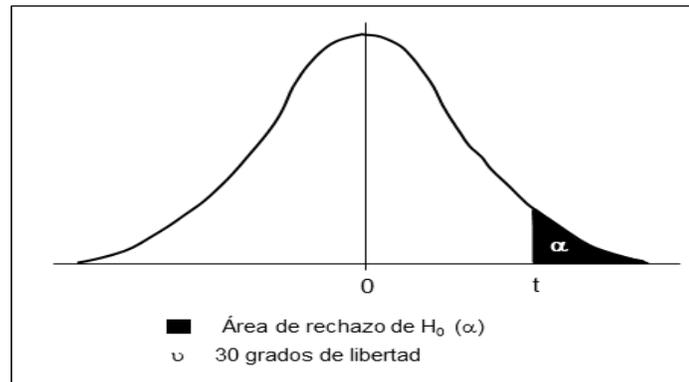


Figura 72 | Regla de Decisión Contraste Positivo t Studet

Fuente: El autor.

A partir de su prueba y con un nivel de significación de 0.01, **la hipótesis B se rechaza** a éste nivel; es decir, en general se tiene una confianza de 99 % que en Oaxaca las ciudades de más de 15 000 hab presentan mayor contribución al cambio climático en comparación de las zonas metropolitanas. Al considerar aisladamente la ZMO la hipótesis B se rechaza; esto es, que la ZMO tiene menor contribución al CC que ciudades que no son ZMs; también se rechaza, al comparar la ZMT y las Cds, resultado esta metrópoli con menor contribución a las condiciones de cambio climático que la ZMO (Tabla 15).

Tabla 15 | Valores en la Prueba t Student para la Hipótesis de Investigación B

Nivel de significación: 1 %	CdO	H ₀	H _B	n ₁	n ₂	v	α	t	s ₁	s ₂	σ	\bar{X}_{pCCZMs}	\bar{X}_{pCCcds}	t _m	Decisión
	ZMs y Cds	$\mu_{pCCZMs} = \mu_{pCCcd}$	$\mu_{pCCZMs} > \mu_{pCCcd}$	1 6	1 6	3 0	0.0 1	2.45 7	0.24 9	0.24 7	0.25 6	0.448	0.430	0.10 1	Rechazamos H ₀
Nivel de significación: 1 %	CdO	H ₀	H _B	n ₁	n ₂	v	α	t	s ₁	s ₂	σ	\bar{X}_{pCCZMO}	\bar{X}_{pCCcds}	t _m	Decisión
	ZMO y Cds	$\mu_{pCCZMO} = \mu_{pCCcd}$	$\mu_{pCCZMO} > \mu_{pCCcd}$	1 6	1 6	3 0	0.0 1	2.45 7	0.20 3	0.24 7	0.23 3	0.454	0.430	0.14 2	Rechazamos H ₀
Nivel de significación: 1 %	CdO	H ₀	H _B	n ₁	n ₂	v	α	t	s ₁	s ₂	σ	\bar{X}_{pCCZMT}	\bar{X}_{pCCcds}	t _m	Decisión
	ZMT y Cds	$\mu_{pCCZMT} = \mu_{pCCcd}$	$\mu_{pCCZMT} > \mu_{pCCcd}$	1 6	1 6	3 0	0.0 1	2.45 7	0.29 4	0.24 7	0.28 0	0.442	0.430	0.06 4	Rechazamos H ₀
Nivel de significación: 5 %	CdO	H ₀	H _B	n ₁	n ₂	v	α	t	s ₁	s ₂	σ	\bar{X}_{pCCZMs}	\bar{X}_{pCCcds}	t _m	Decisión
	ZMs y Cds	$\mu_{pCCZMs} = \mu_{pCCcd}$	$\mu_{pCCZMs} > \mu_{pCCcd}$	1 6	1 6	3 0	0.0 5	1.69 7	0.24 9	0.24 7	0.25 6	0.448	0.430	0.10 1	Rechazamos H ₀
Nivel de significación: 5 %	CdO	H ₀	H _B	n ₁	n ₂	v	α	t	s ₁	s ₂	σ	\bar{X}_{pCCZMO}	\bar{X}_{pCCcds}	t _m	Decisión
	ZMO y Cds	$\mu_{pCCZMO} = \mu_{pCCcd}$	$\mu_{pCCZMO} > \mu_{pCCcd}$	1 6	1 6	3 0	0.0 5	1.69 7	0.20 3	0.24 7	0.23 3	0.454	0.430	0.14 2	Rechazamos H ₀
Nivel de significación: 5 %	CdO	H ₀	H _B	n ₁	n ₂	v	α	t	s ₁	s ₂	σ	\bar{X}_{pCCZMT}	\bar{X}_{pCCcds}	t _m	Decisión
	ZMT y Cds	$\mu_{pCCZMT} = \mu_{pCCcd}$	$\mu_{pCCZMT} > \mu_{pCCcd}$	1 6	1 6	3 0	0.0 5	1.69 7	0.29 4	0.24 7	0.28 0	0.442	0.430	0.06 4	Rechazamos H ₀

Fuente: El autor.

Nota. La regla de decisión define la aceptación o rechazo, si t_m>t aceptamos H_B y si t_m<t rechazamos H_B.

CdO : Ciudades en Oaxaca.

ZMs : Zonas metropolitanas.

ZMO : Zona metropolitana de Oaxaca.

ZMT : Zona metropolitana de Tehuantepec.

Cds : Ciudades de 15 000 y más habitantes.

H₀ : Hipótesis nula, indica la no diferencia en la contribución del cambio climático entre ZMs y CdO.

H_B : Hipótesis B de investigación, indica que la mayor contribución al cambio climático se genera por las ZMs.

n₁ : Tamaño de la muestra 1 (ZMs).

n₂ : Tamaño de la muestra 2 (Cds).

μ : Parámetro, medida en la población estadística que indica la media aritmética.

\bar{X} : Estadístico, medida en la muestra que indica la media aritmética.

CC : Cambio climático.

v : Grados de libertad, definido con la suma de los tamaños de las muestra (n₁=16 + n₂=16) menos 2.

α : Nivel de significación utilizado en la prueba de la hipótesis (1% y 5%).

t : Valor t Student definido por la misma distribución muestral.

t_m : Estadístico de prueba t Student, obtenido a partir de las observaciones muestrales.

CONTRASTE DE LA HIPÓTESIS C DE INVESTIGACIÓN

La hipótesis de investigación identificada como C en el capítulos I, para las ciudades en Oaxaca, se esperaba un comportamiento y una manifestación inestable en el cambio climático mayor del 5%; esto, debido a las altas variaciones en precipitación pluvial que se traducen en impactos hidrometeorológicos; variaciones térmicas que afectan el bienestar

social y a una mínima respuesta urbana al cambio climático. Siendo la respuesta urbana al cambio climático decisiva para atenuar efectos sociales, económicos y ambientales.

- Hipótesis nula o efecto cero (H_0):

$H_0: \sigma_{I_{CC}} = 0.05$ Y en las ciudades en Oaxaca, la variación del cambio climático se mantiene en un valor hasta de 5%.

- Hipótesis alternativa o de investigación (H_c):

$H_c: \sigma_{I_{CC}} > 0.05$ Y en Oaxaca, la variación en la presión ambiental urbana, el estado de cambio climático y respuesta urbana al mismo supera el 5%.

Por la forma en que se expresa la hipótesis alternativa **la prueba de hipótesis es de tipo unilateral** positiva (Figura 73), seleccionando para ello niveles de significación de 1% y 5%. Al tratarse de una **muestra pequeña**, se emplea la teoría del muestreo exacto, particularmente la distribución ji cuadrado (χ^2) y así, el estadístico para la prueba de variación queda definido con la **Ecuación 54**.

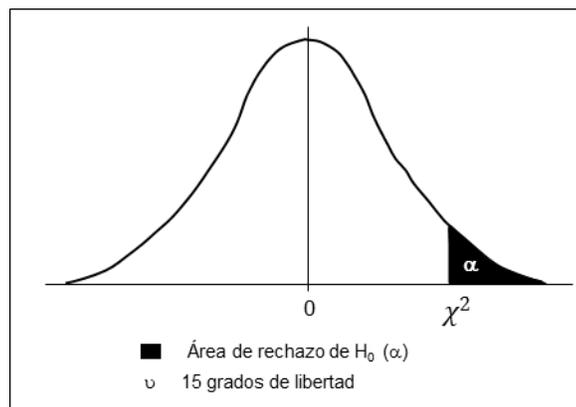


Figura 73 | Regla de Decisión Contraste Positivo χ^2

Fuente: El autor.

A partir de su prueba y con un nivel de significación de 0.01, **la hipótesis C se acepta** a éste nivel; es decir, en general, se tiene una confianza de 99 % que en Oaxaca el cambio climático tiene una variación mayor al 5%, siendo este resultado altamente significativo (Tabla 16).

Tabla 16 | Valores en la Prueba ji cuadrado para la Hipótesis de Investigación C

Nivel de significación de 1%									
H_0	H_B	n	v	α	χ^2	σ^2	s^2	χ_m^2	Decisión
$\sigma_{lcc} = 0.05$	$\sigma_{lcc} > 0.05$	16	15	0.01	30.6	0.05	0.101	32.47	Aceptamos H_c
Nivel de significación de 5%									
H_0	H_B	n	v	α	χ^2	σ^2	s^2	χ_m^2	Decisión
$\sigma_{lcc} = 0.05$	$\sigma_{lcc} > 0.05$	16	15	0.05	25.0	0.05	0.101	32.47	Aceptamos H_c

Fuente: El autor.

Nota. La regla de decisión define la aceptación o rechazo, si $\chi_m^2 > \chi^2$ aceptamos H_c y si $\chi_m^2 > \chi^2$ rechazamos H_c .

H_0 : Hipótesis nula, indica una desviación estándar en la población estadística de 5% en el índice de cambio climático.

H_c : Hipótesis C de investigación, indica una desviación estándar en la población estadística mayor al 5% en el I_{CC} .

σ_{lcc} : Desviación estándar en la población estadística del índice de cambio climático.

CC : Cambio climático.

I_{CC} : Índice de cambio climático.

n : Tamaño de la muestra.

v : Grados de libertad, definido con el tamaño de las muestra menos 1 (n-1).

α : Nivel de significación utilizado en la prueba de la hipótesis (1% y 5%).

χ^2 : Valor de ji cuadrado de acuerdo a su distribución de probabilidad.

σ^2 : Parámetro, medida en la población estadística que indica varianza.

s^2 : Estadístico, varianza muestral

χ_m^2 : Estadístico de prueba ji cuadrado, obtenido a partir de las observaciones muestrales.

V

CÓMO AFRONTAR EL
CAMBIO CLIMÁTICO, EN LAS
CIUDADES DE OAXACA, MÉXICO



Templo de la Soledad, 1721; Soledad Etla, Oaxaca, México, febrero, 2018

V. CÓMO AFRONTAR EL CAMBIO CLIMÁTICO EN LAS CIUDADES DE OAXACA, MÉXICO

Para finalizar con el presente texto, este capítulo se dedicará a exponer las conclusiones y las recomendaciones más importantes. Lo anterior es con el fin de dar continuidad a este tipo de investigaciones y, mostrar las limitaciones, las ventajas y las aplicaciones del estudio realizado.

5.1. Conclusiones

La intrincada división territorial de Oaxaca le confiere una fisonomía única en el país. Los acontecimientos en el Estado se notan en cuatro épocas: la prehispánica, la colonial, el siglo XIX y la contemporánea. La riqueza y diversidad biológica de este territorio solo es comparable a su diversidad cultural representado en 16 grupos indígenas hablantes de 157 lenguas diferentes y que pertenecen a por lo menos a cinco familias lingüísticas

Inmersa en la complejidad de las condiciones ambientales que imperan en el Estado, destaca su diversidad climática, atribuida a factores como la posición geográfica, el intrincado relieve, la exposición a los sistemas meteorológicos que se desarrollan tanto en la vertiente Pacífica como en la del Golfo, las corrientes marinas y la temperatura del Océano, entre otras. Lo anterior permite la presencia de condiciones térmicas y de humedad contrastantes en el territorio oaxaqueño, así como diferencias en el comportamiento y distribución de la temperatura y la lluvia a lo largo del año.

Así, el **objetivo** del trabajo de este libro era analizar la relación entre el cambio climático y el desarrollo urbano sustentable de las ciudades en Oaxaca. Este objetivo que se quería lograr en primera instancia para aportar una propuesta para políticas públicas, se amplió al considerar los análisis económico, social, ambiental, estado del clima, presión ambiental urbana y respuesta urbana al cambio climático, logrando así tener al final un

modelo de investigación que puede ser utilizado para diagnosticar, experimentar y evaluar de manera continua el desarrollo urbano con orientación sustentable.

Un aspecto importante en el **modelo de investigación** propuesto es propiciar una forma de perfeccionamiento para relacionar, a través de la evaluación y las correcciones interactivas que se realicen esos fenómenos de manera específica para una ciudad y su entorno en un periodo determinado. Se pueden definir e integrar en dicho modelo indicadores adicionales o, por el contrario, realizar un análisis detallado en alguna dimensión del mismo.

Parte del problema urbano fue plateado con **preguntas de investigación**, a partir de éstas se obtuvieron los argumentos siguientes:

- Las urbes con **clima muy cálido subhúmedo** presentaron incrementó en su oscilación térmica, producto del aumento de su temperatura máxima y disminución de la temperatura mínima. Para ciudades con clima **cálido húmedo** se obtuvieron aumento en la temperatura promedio. En clima **cálido subhúmedo** influyó, en el cambio del clima, su localización geográfica debido a que en el Pacífico, la ciudad de Puerto Escondido presentó aumento en su temperatura promedio y, en Matías Romero, la oscilación térmica calculada se amplió. La oscilación térmica se incrementó en tres Urbes con clima **semicálido subhúmedo** y, la temperatura promedio aumentó en una de éstas. Para Matías Romero que presenta un clima **templado subhúmedo** se determinó que la oscilación térmica aumento.

Se obtuvo, entonces una progresiva afectación en bienestar social producto del cambio climático en todas las ciudades de estudio. Con un clima extremo y con un incremento de la temperatura se generan incrementos en la demanda energética para alcanzar el confort humano y, una exigencia de adaptación biológica.

- Se determinó que las 14 ciudades de estudio presentaron cambio en su clima local y aumento en las oscilaciones térmicas, siendo notables estos cambios en las ciudades donde existe mayor consumo de energía y mayor incremento de sus emisiones de gases de efecto invernadero. En base a los resultados obtenidos, se

considera que estas ciudades no son grandes emisoras, pero son deseables acciones inmediatas que mitiguen y se traduzcan en una menor afectación ambiental y social.

- El nivel de esfuerzo social y político como respuesta a un cambio climático en Oaxaca son bajos, en la investigación, esto se percibe, desde el momento de integrar el subíndice de respuesta urbana, toda vez que en el registro estadístico de datos se detallan mejor para la dimensión económica, siendo inoportuna la visión social y política hacia un desarrollo urbano sustentable. En el aspecto climático se registran datos de interés nacional o internacional, respecto a condiciones del estado del cambio climático y de presión ambiental urbana y, los datos de respuesta urbana al cambio climático son escasos.

De manera general, el índice de respuesta urbana al cambio climático obtenido muestra en el periodo 2000 a 2015 disminución en esta respuesta y, representa, baja ocupación social y política en el fenómeno del cambio climático. Sin embargo, estas ciudades tienen un gran potencial para impulsar soluciones innovadoras tanto de adaptación como de reducción de emisiones.

- El índice de desarrollo urbano sustentable, presenta estabilidad y, en promedio, un aumentó de 5 ‰ por año; esto se logró por compensación entre la dimensión social y la dimensión económica del desarrollo urbano. Esta compensación se explica con la disminución del subíndice social y el aumento del subíndice económico del desarrollo urbano. El subíndice ambiental del desarrollo urbano, por su parte, se mantuvo, con más estabilidad, lo cual significa que las ciudades afectan negativamente al ambiente y que sus habitantes se benefician aún con recursos naturales básicos, entre ellos el agua.

El **riesgo** climático se puede abordar de diferentes formas: desde su aspecto social, mediante la evaluación basada en la vulnerabilidad; a partir de un enfoque climático, mediante una evaluación basada en amenazas naturales o a través de enfoques

complementarios que integren ambos elementos. La evaluación del riesgo climático, es un proceso flexible que analiza las intersecciones entre las tendencias climáticas, recursos naturales y condiciones socioeconómicas; así como los factores que influyen en el desarrollo de respuestas de adaptación.

La **adaptación** de una ciudad requiere de un ajuste de los sistemas humanos a cambios de las condiciones climáticas, con la meta de reducir la vulnerabilidad futura, es un proceso de toma de decisiones, donde se pueden involucrar: transformaciones en tecnología, educación, comportamiento, política pública, infraestructura, entre otras. La transformación es flexible pero definitiva y representa una oportunidad para minimizar costos futuros.

El tema del cambio climático es una oportunidad para reducir la brecha entre los resultados científicos y la toma de decisiones políticas. También, facilita la organización comunal que puede ayudar a aprovechar las oportunidades del desarrollo.

Es necesaria la participación de los gobiernos para que asuman responsabilidades y establezcan compromisos en la disminución de gases de efecto invernadero. A nivel individual debe ser más racional el consumo de los recursos y utilizar de forma eficiente la energía eléctrica, el agua y los vehículos. Entre otras las propuestas más importantes para poner en práctica en las ciudades de Oaxaca, destacan las siguientes:

- ✓ Siendo los **niños y los adultos mayores** el sector más vulnerable a la manifestación del cambio climático, y considerando el fenómeno de envejecimiento de la población urbana, es necesario el diseño y la adecuación de los espacios públicos y arquitectónicos a las necesidades de salud, movimiento en las ciudades y bienestar de este segmento de la población. Entre los elementos de los espacios públicos más importantes destacan los andadores, arriates, rampas, escaleras, disposición de las bancas y cuestiones de paisaje urbano. En el tema de la salud, tenemos los espacios de atención a la salud; por otro lado, el acceso al transporte, la educación básica y las condiciones de la vivienda.

- ✓ En la región de la Costa Oaxaqueña es urgente la transición a ciudades competitivas en cuestiones de **residuos sólidos urbanos** mediante la selección de desechos sólidos de la basura y disposición inmediata con proyectos de reciclaje de la misma.
- ✓ La **inmigración** a las ciudades contribuye a que su crecimiento poblacional sea mayor al de las zonas rurales, pero, la producción agrícola de estas zonas tiene una importante participación con este tipo de productos para las ciudades. En este sentido, es importante que para las zonas rurales se establezcan mecanismos de apoyo al campo que coadyuven y permitan crear condiciones de vida, bienestar y desarrollo rural sustentable en sus lugares de origen.
- ✓ Con la finalidad de disminuir el impacto ambiental y los costos económicos, se requiere el uso eficiente de energía eléctrica en viviendas y en edificios no habitacionales.
- ✓ Uno de los principales retos de las ciudades es la movilidad, una mala circulación vial trae problemas, desde ambientales hasta de salud y económicos. En este tema se requieren lineamientos de política pública para atender necesidades primordiales de los usuarios de transporte público y privado.
- ✓ Promover la vinculación y comunicación entre el gobierno con otros centros de investigación y universidades en cuestiones y sector productivo para el uso eficiente de recursos.

5.2. Recomendaciones

Dentro de una investigación con gran cantidad de datos con nivel de medición alto, siempre se desea que haya una mejora continua de la misma; por tanto, se recomienda a futuros investigadores que tengan interés en este tipo de fenómenos, la complementación y la actualización con más distribuciones climáticas y de enfoque sustentable y, aún más,

recomendable sería la implementación de pruebas de campo que den cuenta de las condiciones en el proceso de desarrollo urbano sustentable, para realizar comparaciones entre los resultados arrojados por estas aproximaciones.

Al medir el avance del desarrollo urbano sustentable, debe considerarse la disponibilidad y el acceso a datos que conforman indicadores considerados para tal efecto; por lo anterior, el periodo considerado entre una evaluación y otra es de 10 años. De manera práctica, sin lugar a dudas se requieren soluciones inmediatas, pudiéndose reducir el tiempo de evaluación, pero los costos se incrementan al utilizar fuentes primarias y privadas, lo que se justifica al implementar políticas y acciones efectivas en el corto plazo y es en este sentido donde el modelo puede aportar propuestas específicas de solución a la problemática urbana.

Se considera importante incluir modelos de simulación, para que el sistema se adapte a las necesidades de un número mayor de ciudades. Una recomendación que agiliza la obtención y difusión de resultados, es establecer tres programas informáticos básicos el primero para el manejo, la sistematización y el análisis de datos; el segundo para el sistema de información geográfica y el último como procesador de textos, figuras, tablas y ecuaciones a fin de dar a conocer los resultados obtenidos. Con el objeto de tomar decisiones racionales con respecto a la actividad ciudadana, se recomienda adoptar una cultura de registro de variables no incluidas por instancias gubernamentales como por ejemplo aquellos datos que den cuenta de la respuesta urbana al cambio climático.

Al presente enfoque teórico y metodológico se sugiere incluir aplicaciones específicas de planificación urbana, gestión urbana, impacto ambiental de cuencas de ríos en ciudades, turismo, estudios sobre movilidad urbana, diseño urbano, proyectos sustentables de obras civiles, monitoreo de la calidad del aire atmosférico y al interior de espacios arquitectónicos, desarrollo de proyectos para definir ciudades inteligentes.

GLOSARIO DE TÉRMINOS



Instituto de Ciencias y Artes de Oaxaca, UABJO, Oaxaca, febrero, 2018

GLOSARIO DE TÉRMINOS

Adaptación al cambio climático. Según el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC) la adaptación al cambio climático se define como el ajuste de los sistemas humanos o naturales frente a entornos nuevos o cambiantes. La adaptación al cambio climático se refiere a los ajustes en sistemas humanos o naturales como respuesta a estímulos climáticos proyectados o reales, o sus efectos, que pueden moderar el daño o aprovechar sus aspectos beneficiosos.

Agenda 21 (Agenda para el siglo XXI). También conocida como Programa 21, es el documento más connotado de los que se firmaron en la conferencia del Medio Ambiente y Desarrollo de las Naciones Unidas, celebrada en Río de Janeiro, en 1992. En este documento se establecen las recomendaciones para propender la sustentabilidad en el presente siglo.

Amenaza. Un fenómeno, sustancia, actividad humana o condición peligrosa que pueden ocasionar la muerte, lesiones u otros impactos a la salud, al igual que daños a la propiedad, la pérdida de medios de sustento y de servicios, trastornos sociales y económicos, o daños ambientales.

Amenaza hidrometeorológica. Un proceso o fenómeno de origen atmosférico, hidrológico u oceanográfico que puede ocasionar la muerte, lesiones u otros impactos a la salud, al igual que daños a la propiedad, la pérdida de medios de sustento y de servicios, trastornos sociales y económicos, o daños ambientales.

Antropogénico. Proceso debido a la acción humana, o algo que resulta como consecuencia de las actividades llevadas a cabo por los hombres o mujeres.

Cambio climático. La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) define el cambio climático como la “variación del clima, atribuido directa o indirectamente a actividades humanas, el cual altera la composición global y representa un añadido a la variabilidad climática natural observada a través de periodos comparables entre sí”. El Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático ((IPCC) difiere un poco de esa definición, pues dice que “cambio climático es cualquier variación en el clima a través del tiempo, tanto por razones naturales como actividades humanas”.

Comisión Brundtland. Se le conoce frecuentemente a la Comisión Mundial para el Medio Ambiente y el Desarrollo (CMMAD o con sus siglas en inglés WCED) de las Naciones Unidas, que fue presidida por Gro Harlem Brundtland; estudió las tendencias globales del medio ambiente, la economía y los aspectos sociales, y publicó en 1987 el Informe denominado Nuestro Futuro Común, más frecuentemente conocido como Informe Brundtland.

Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. (CMNUCC o con sus siglas en inglés UNFCCC). Dependencia de las Naciones Unidas que tiene como objetivo la estabilización en la atmósfera de las concentraciones de gases de efecto invernadero, a niveles que impidan antropogénicas peligrosas para el sistema climático. Esta Convención reconoce la existencia de un cambio climático debido a la actividad humana y atribuye a los países industrializados la responsabilidad principal para luchar contra este fenómeno.

COP21. Constituye la 21ª sesión de la Conferencia de las Partes que tuvo lugar del 30 de noviembre al 12 de diciembre de 2015 en París, Francia. Esta conferencia concluyó con la adopción de un acuerdo histórico para combatir el CC e impulsar medidas e inversiones para un futuro bajo en emisiones de carbono, resiliente y sostenible. El objetivo principal del Acuerdo de París es mantener el aumento de la temperatura en el siglo XXI muy por debajo de los 2 °C, e impulsar los esfuerzos para limitar el aumento de la temperatura incluso más, por debajo de 1.5 °C sobre los niveles preindustriales. Además, el acuerdo busca reforzar la habilidad para hacer frente a los impactos del CC.

Cumbre de la Tierra. Se le conoce a la Conferencia sobre el Medio Ambiente y Desarrollo que organizó y llevó a cabo las Naciones Unidas, en Río de Janeiro, Brasil en 1992. Ésta ha sido la primera ocasión en la historia de la humanidad en que se han reunido la mayor cantidad de jefes de gobierno y de Estado.

Desarrollo. En términos generales, involucra las posibilidades de crecimiento y cambio. Frecuentemente se usa la frase desarrollo económico para señalar una expansión de oportunidades económicas y sociales que promueven el progreso humano y calidad de vida. Lograr estos beneficios no necesariamente causa aumento en el consumo de recursos; es decir, el desarrollo puede ser sustentable.

Desarrollo sustentable. Existen muchas definiciones y variantes, empero la más conocida y citada es la propuesta por la Comisión Mundial para el Medio Ambiente y el Desarrollo de las Naciones Unidas, que lo define como el desarrollo que satisface las necesidades del presente, sin comprometer las posibilidades de las futuras generaciones para satisfacer las suyas.

Desastre. Una seria interrupción en el funcionamiento de una comunidad o sociedad que ocasiona una gran cantidad de muertes al igual que pérdidas e impactos materiales, económicos y ambientales que exceden la capacidad de la comunidad o la sociedad afectada para hacer frente a la situación mediante el uso de sus propios recursos.

Ecosistema. Unidad compuesta por una comunidad de organismos vivos y su medio ambiente. Existe un flujo continuo de materia y energía a través de dicha unidad: los compuestos bióticos

de un ecosistema generalmente son de diferentes niveles tróficos, los cuales se descomponen en organismos complejos que ceden nutrientes al ambiente que son reusados por otros seres vivos.

Efecto invernadero. Ciclo provocado por gases que bloquean la radiación de los rayos infrarrojos sobre la Tierra, que puede producir cambios climáticos importantes alterando la temperatura de la atmósfera, lo que a su vez propicia una serie de problemas ambientales globales. Los principales gases que propician este efecto son el dióxido de carbono (CO₂), el metano (CH₄), el óxido nitroso (N₂O) y el vapor de agua (a gran altura).

Emisión. Liberación de gases de efecto invernadero y aerosoles en la atmósfera, en un espacio y tiempo definidos.

Gases de efecto invernadero. Gases integrantes de la atmósfera, de origen natural y antropogénico, que tienen la propiedad diferenciada entre unos y otros de absorber y emitir radiación proveniente de la superficie de la tierra y del mar, de las nubes y de la atmósfera. Esta propiedad causa el efecto invernadero

Matriz de congruencia metodológica. Instrumento eficaz para garantizar la coherencia y conveniencia horizontal entre los elementos del diseño de propuestas de investigación. Es decir, permite una secuencia lógica, un continuum, hilvana cada elemento investigativo para que el tema/problema, objetivos, áreas conceptuales, categorías de análisis, análisis de los datos, conclusiones y recomendaciones mantengan correlación.

Mitigación. Actividad humana destinada a reducir las fuentes de gases efecto invernadero, y/o mejorar los “sumideros” que absorben dichos gases.

Municipios centrales. Corresponde a municipios donde se localiza una ciudad central que da origen a una Zona Metropolitana, los cuales se identifican a partir de las siguientes características (SEDESOL-CONAPO-INEGI, 2012):

- 1a. Municipios que comparten una conurbación intermunicipal, definida como la unión física entre dos o más localidades geoestadísticas urbanas de diferentes municipios y cuya población en conjunto asciende a 50 mil o más habitantes (ciudad central) y cuyos municipios integrantes poseen también características urbanas, entendiéndose por la unión entre localidades geoestadísticas urbanas a la continuidad en la conformación de ameznamiento.
- 1b. Municipios con localidades de 50 mil o más habitantes que muestran un alto grado de integración física y funcional con municipios vecinos urbanos.
- 1c. Municipios con ciudades de un millón o más habitantes.

- 1d. Municipios con ciudades que forman parte de una ZM transfronteriza, con 250 mil o más habitantes.

Municipios exteriores. Son municipios contiguos a los “municipios centrales”, cuyas localidades geoestadísticas urbanas no están conurbadas a la ciudad central, pero que manifiestan un carácter predominantemente urbano, al tiempo que mantienen un alto grado de integración funcional con los municipios centrales de la zona metropolitana, determinados a través del cumplimiento de cada una de las siguientes condiciones (SEDESOL-CONAPO-INEGI, 2012):

- 2a. Distancia a la ciudad central. Su localidad geoestadística principal, de tipo urbana, aquella con mayor número de habitantes, está ubicada a no más 10 km por carretera pavimentada y de doble carril de los límites de la ciudad central.
- 2b. Integración funcional por lugar de trabajo. Al menos 15% de su población ocupada residente trabaja en los municipios centrales de la zona metropolitana, o bien, 10% o más de la población que trabaja en el municipio reside en los municipios centrales de esta última.
- 2c. Población ocupada en actividades no primarias. Porcentaje de población ocupada en actividades secundarias y terciarias mayor o igual a 75 %.
- 2d. Densidad media urbana. Este indicador se debe ubicar en por lo menos 20 habitantes por hectárea.

Nuestro Futuro Común. Reporte de la Comisión Mundial para el Medio Ambiente y el Desarrollo de las Naciones Unidas, publicado en 1987; en el que se vinculó al desarrollo económico para aliviar la pobreza con la protección del medio ambiente y con la previsión de una catástrofe ecológica de dimensión global.

Paradigma. Marco filosófico teórico del que a su vez se derivan teorías específicas, leyes y generalidades, algunas veces se utiliza el término para referirse a un ejemplo a seguir.

Paleoclimático. Clima que existió en otros tiempos geológicos e históricos, que se pueden valorar a través de los llamados métodos proxy.

Proxy. Procedimiento científico utilizado para interpretar climas antiguos en forma indirecta, mediante principios físicos y biofísicos. Algunos ejemplos de métodos proxy son las muestras o núcleos de hielo extraídos de las profundidades polares, anillos de árboles prehistóricos, polen de flores que vivieron en épocas remotas, entre otros, que han permitido estimar valores de temperatura, precipitación, concentración de CO₂ y metano, de tiempos tan remotos como hace 800 mil años.

Resiliencia. Velocidad con la que un ecosistema perturbado puede retornar a su estado original.

Riesgo. La combinación de la probabilidad de que se produzca un evento y sus consecuencias negativas.

Sumidero. Reservorio natural que puede recibir o absorber energía, materiales o gases (bióxido de carbono para el caso) sin experimentar cambios.

Teoría de Muestras Pequeñas. Es un estudio de las distribuciones muestrales de estadísticos para muestras pequeñas de tamaño $n < 30$; un nombre más apropiado puede ser teoría del muestreo exacto, ya que los resultados obtenidos se mantienen tanto para muestras grandes (tamaño, $N \geq 30$) como para muestras pequeñas.

Variables. Son propiedades o características de un objeto de estudio que son seleccionadas para intentar establecer entre ellas relaciones recíprocas. Cuando la característica que se estudia no es numérica, se le conoce como *variable cualitativa* o *atributo*. Si la variable se puede reportar en forma numérica, se le conoce como *variable cuantitativa*. Las variables cuantitativas pueden ser discretas o continuas.

Vulnerabilidad. Estado en el que un sistema no es capaz de soportar los efectos adversos del cambio de clima, esto incluye tanto la propia variabilidad climática como los fenómenos extremos.

Zona Metropolitana. Conjunto de dos o más municipios donde se localiza una ciudad de 50 mil o más habitantes, cuya área urbana, funciones y actividades rebasan el límite del municipio que originalmente la contenía, incorporando como parte de sí misma o de su área de influencia directa a municipios vecinos, predominantemente urbanos, con los que mantiene un alto grado de integración socioeconómica. También se incluyen a aquellos municipios que por sus características particulares son relevantes para la planeación y política urbanas de las zonas metropolitanas en cuestión.

ANEXOS



Teatro Macedonio Alcalá, Oaxaca, Oaxaca, febrero, 2018

ANEXOS

Anexo A | Tesis de Posgrado del ITO sobre Desarrollo Sustentable y afines

Tesis	Autor	Año
Proyectos de Tesis: Nivel Maestría		
Factores Determinantes en el Nivel de Vida: Distrito de Etlá, 1988-1990	Santiago Mendoza Alonso	1996
Urbanización en la Zona Conurbada de la Ciudad de Oaxaca, 1980-1990	García Revilla Erendida	1998
El Déficit de Vivienda en la Ciudad de Oaxaca	García Romero Andrés	2000
Propuesta de un Índice de Bienestar Social para los Municipios de Usos y Costumbres, Estudios de Casos: San Lorenzo Cacaotepec y San Felipe Tejañapam 2000-2002	Pablo Calderón Karla de los Angeles	2002
Propuesta Integral de Calidad en el Departamento de Seguimiento a Establecimientos Grandes y de Empresas, en el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática	López Villanueva Marcelo Andrés	2002
Condicionantes del Bienestar en los Hogares Urbanos Pobres de Oaxaca	Reyes Morales Rafael Gabriel	2004
Asociación entre el Crecimiento Económico y las Condiciones de Vida en los Municipios del Estado de Baja California Sur 1980-2000	Cisneros Delfín Ángel Miguel	2005
Correspondencia entre Crecimiento Económico y las Condiciones de Vida de la Población (Zona Conurbada Veracruz-Boca del Río-Medellín 1988-2000)	Palma Sosa José del Carmen	2005
La Teoría de la Complejidad y el Caos, Aportes para Medir las Turbulencias Económicas Sociales; el Caso del Distrito del Centro, Oaxaca 1940-2000	Jiménez Aquino Oscar Francisco	2006
Pobreza y Competitividad Regional en Oaxaca 1990 - 2000	Hernández Noyola Rey Gaspar	2007
Desigualdad Social, Estructura Productiva y Competitividad Económica en el Distrito del Centro de Oaxaca, 1990-2000	Santiago Sarmiento Víctor	2008
El Bienestar Objetivo y Subjetivo en el Municipio de Oaxaca de Juárez, 2006-2007	Cruz Resendiz Lorena	2008
Análisis de la Fuentes de Abastecimiento de Agua del Municipio de Oaxaca de Juárez	Gallegos García Ivonne	2009
Análisis Económico Social de las Regiones de los Valles Centrales (Oaxaca 1980-2005)	Barranco Martínez Eliz Roxana	2009
El Ingreso y el Bienestar Social de los Hogares de la Comunidad de Yuvila, Santa Catarina Ixtepeji, Oaxaca 2008	Cruz Arango Mireya Carmina	2009
Modelo de Desarrollo Sustentable en Materia de Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos en Municipios del Estado de Oaxaca	Mora Reyes María Casandra	2009
Pobreza y Atraso Económico en la Micro Región Integrada por los Municipios de Soledad Etlá y Aledaños, 1980-2005	González Playas Fidel	2009
Competitividad y Desarrollo Sustentable, Propuesta de Estrategias Competitivas para Oaxaca	Delfín García Rosa Dilia	2010
El Bienestar Social y el Ingreso en la Localidad de San Agustín Loxicha, Oaxaca 2009	Aquino González Ana María	2010
El Desarrollo Humano Sustentable en las Regiones de México	Barbosa Pérez Blanca Elena	2010

Fuente: (ITO, 2012a).

Continúa Anexo A

Tesis	Autor	Año
Proyectos de Tesis: Nivel Doctorado		
Desarrollo y Economía en Oaxaca. Una Propuesta para el Análisis Regional, de la Complejidad al Caos	Miguel Velasco Andrés Enrique	1999
El Bienestar de las Comunidades Campesinas de Los Valles Centrales de Oaxaca	Mendoza Chipuli Abel	2001
La Situación Socioeconómica de la Población y la Vivienda en los Centros Históricos. Caso: El Centro Histórico de la Ciudad de Oaxaca de Juárez	Gracia Zúñiga Roberto	2001
Inversión Gubernamental y Bienestar Social en México. Oaxaca, un Estudio de Caso, 1990-2000	Pérez Morales Constantino	2005
La Inversión Pública en el Desarrollo Social de Oaxaca, 1980-1995	Ruiz Martínez Alfredo	2005
Concreto Hidráulico Calidad de Vida y Medio Ambiente en la Construcción de Vivienda de Interés Social en la Zona Metropolitana de la Ciudad de Oaxaca	López Vázquez Esteban	2006
Distribución del Ingreso y Sector Informal en las Principales Ciudades del Estado de Oaxaca	Ramos Soto Ana Luz	2006
Migración Internacional, Remesas, Actividades Agrícolas y Distribución del Ingreso en San Miguel del Valle Municipio de Villa Díaz Ordaz, Oaxaca.	Salas Alfaro Renato	2006
Plan Municipal de Desarrollo San Agustín de las Juntas Oaxaca	López Ortíz Leobardo Rogelio	2006
Competitividad y Desarrollo en los Municipios Sonorenses	Quijano Vega Gil Arturo	2007
Comportamiento del Ahorro en Consumidores de Bajos Ingresos en el Municipio de la Ciudad de Oaxaca	Villavicencio Reyes Rosalba Yolanda	2007
La Población Pendular en el Desarrollo Urbano de la Ciudad de Oaxaca de Juárez	Silva Leyva Ignacio Enrique	2009
Desarrollo Equitativo y Sustentable en Centro América; Propuesta de una Estrategia Regional Integral	Chavez Medina Wendy Patricia	2008
La Capacidad Gubernamental en la Competitividad Económica. El Caso de las Regiones de Oaxaca 1995-2002	Hernández Vázquez Reyna Minerva	2008
Impacto de las Políticas Públicas en el Desarrollo Humano Sustentable de los Municipios de la Cuenca del Río San Miguel de Horcasitas: Caso Unidades de Manejo Ambiental. Periodo 1995-2005	Robles Ibarra Juan Carlos	2010
Pobreza, Crecimiento Económico y Distribución del Ingreso en el Estado de Oaxaca: 1990-2000	Mathus Robles Marco Aurelio	2010

Fuente: (ITO, 2012a).

Anexo B | Procedimiento Metodológico del Análisis del Cambio Climático Territorial

B.1. Modelo Teórico para el Análisis del Cambio Climático

La presente investigación utiliza un **enfoque cuantitativo** (Cortés Padilla, 2012); (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2010)), representado por un conjunto de procesos, con aplicación de técnicas estadísticas para obtener conclusiones válidas y tomar decisiones razonables, con base en el análisis de las variables³⁴ DUS y CC. Los indicadores se definen para un mejor conocimiento de las variables de investigación en las CdO; para con ello, obtener los datos y realizar comparaciones.

Una vez planteadas las hipótesis se procede a recolectar datos, sistematizar la información, presentar las mediciones mediante una descripción estadística, realizar inferencias y análisis estadísticos para establecer patrones de comportamiento, determinar el grado de relación entre las variables de estudio y contrastar las hipótesis planteadas. El diseño de la investigación se refiere a la estrategia concebida para responder las preguntas de investigación (apartado 1.2.3.), sus esquemas se detallan en la **Tabla 17**.

Tabla 17 | Esquemas Adoptados en la Investigación

Esquema de Investigación	Descripción de la Investigación Aplicada en el Estudio
Investigación con datos secundarios	Utiliza datos oficiales, los cuales se definen a nivel localidad, municipal ciudad y zona metropolitana, conformando series temporales para cada Cd. A través de estos registros se generan nuevas series como las de emisiones de CO ₂ y CH ₄ .
Investigación de campo	La investigación se realiza en el sitio, limitada a recopilar datos en forma periódica de cada ciudad.
Investigación no experimental (ex post facto ³⁵)	No se provocan los fenómenos, sino que una vez ocurridos, se observan y se analizan.
Investigación correlacional y explicativa	Persigue como finalidades principales correlacionar las variables entre sí para obtener predicciones e intentar explicar su inferencia .

Fuente: El autor con clasificaciones de Cortés Padilla (2012) y de Hernández Sampieri y col. (2010).

³⁴ Variables.- Son propiedades o características de un objeto de estudio que son seleccionadas para intentar establecer entre ellas relaciones recíprocas. Cuando la característica que se estudia no es numérica, se le conoce como **variable cualitativa** o **atributo**. Si la variable se puede reportar en forma numérica, se le conoce como **variable cuantitativa**.

³⁵ Después de ocurrido el hecho.

En el presente análisis, el modelo teórico se define en base con los modelos de desarrollo sustentable, el prismático de la sustentabilidad y el ambiental de presión-estado-respuesta PER; de manera gráfica se representa en **Figura 74**. El modelo muestra relaciones entre variables de estudio, con el fin de seleccionar indicadores que permitan medir los grados de desarrollo urbano sustentable (DUS) y de cambio climático (CC) en las ciudades de Oaxaca durante 2000 – 2015. Para ilustrar la presencia de los componentes del DUS en un marco conceptual se plasmaron las tres dimensiones involucradas en torno a tal concepto: DUS en el ámbito social, DUS en el ámbito económico y DUS en el ámbito ambiental. Los indicadores del DUS en sus tres ámbitos conforman subíndices que a su vez integran el índice de desarrollo urbano sustentable (I_{DUS}) en cada una de las CdO.

En otras palabras, el concepto habla de un enfoque integrado del desempeño económico y ambiental, conformando un área de factibilidad, donde el crecimiento económico debería ser suficiente para resolver el problema de la pobreza y, paralelamente, sustentable para evitar una crisis ambiental, considerando además tanto la equidad entre las generaciones presentes como la equidad intergeneracional que involucra los derechos de las generaciones futuras.

Por otra parte, siendo la variable CC de tipo ambiental, se establece con las relaciones siguientes: actividades humanas inherentes al desarrollo urbano las que ejercen presión sobre el ambiente, contribuyendo con ello al fenómeno de CC; es decir, el estado del CC en las ciudades; la sociedad responde a tales transformaciones con políticas generales y sectoriales, tanto ambientales como socioeconómicas, las cuales afectan y se retroalimentan de las presiones de las actividades humanas. Aquí, se plantea una relación negativa o inversamente proporcional entre las variables; es decir, el aumento de CC reduce el DUS.

		Variables					
		Desarrollo Urbano Sustentable		Cambio Climático			
Dimensiones del Desarrollo Urbano Sustentable	Social [I _{adu}]	Crecimiento de la población	-cP	Emisión vehicular de CO ₂	+ CO ₂	Presión [I _{pcc}]	Dimensiones del Cambio Climático
		Educación (+DH)	+ eD	Emisión doméstica de CO ₂	+ CO ₂		
		Salud (+DH)	+ sA	Emisión de gas metano	+ CH ₄		
		Impacto hidrometeorológico	- iñS	Cambio de uso del suelo	+ cUS		
	Económico [I _{edu}]	Ingreso (+DH)	+ iN	Variación de precipitación pluvial	+ P	Estado [I _{ecc}]	Dimensiones del Cambio Climático
		PIB per cápita	+ PIBpC	Variación de la evaporización	+ E		
		Impacto hidrometeorológico	- iñE	Variación de la temperatura	+ T		
				Variación de oscilación térmica	+ oS		
	Ambiental [I _{adu}]	Extracción de agua	+ eA	Demandas ambientales	+ dA	Respuesta [I _{rcc}]	Dimensiones del Cambio Climático
		Agua vivienda y urbanización	+ cA	Rellenos sanitarios	- reS		
		Densidad de población	- dP	Temperatura interior	+ cT		
		Disposición de residuos sólidos	- dR	Humedad relativa interior	+ cH		
		Impacto hidrometeorológico	- iñA				
		$I_{DUS} = \frac{I_{SDU} + I_{EDU} + I_{ADU}}{3}$		$I_{CC} = \frac{I_{PCC} + I_{ECC} + I_{TCC}}{3}$			
Índices							

Figura 74 | Modelo de Análisis: Variables, Indicadores e Índices

Fuente: El autor.

El modelo teórico muestra los indicadores estudiados, medidos en valores absolutos; éstos, se consideran una herramienta metodológica que puede ayudar a la gestión de la sustentabilidad³⁶ a través de la formulación de políticas, el proceso de toma de decisiones y la información objetiva en el tema. Para obtener los índices I_{DUS} e I_{CC}, se determinan para los indicadores sus valores relativos con los subíndices que los integran. En el modelo un signo positivo en indicadores de desarrollo urbano sustentable muestra aumento en la sustentabilidad, mientras que su reducción se identifica con un valor negativo.

³⁶ No se sabe realmente cómo es una sociedad sustentable, porque no se tiene registrada la existencia de alguna; por ahora sólo se conocen teorías de dimensión global y propuestas piloto en algunas ciudades y proyectos. La experiencia de esas ciudades, sugieren establecer un número reducido de indicadores, para tratar de que sean operativos (López López, 2008a).

B.2. Variables, Indicadores e Índices

Las variables analizadas son cambio climático y desarrollo urbano sustentable, en sus dimensiones social, económica y ambiental; para obtener información acerca de éstas, se definen indicadores e índices³⁷. El tipo de relación inicial planteado para las variables es que el desarrollo urbano sustentable (DUS) representado en cada Cd con el índice de desarrollo urbano sustentable (I_{DUS}), se considera como **variable dependiente**; es decir, el cambio climático (CC) determina su valor respectivo (**Ecuación 2**). Por lo tanto, la variable CC valorada con el índice de cambio climático (I_{CC}) en cada Cd, es considerada como la **variable independiente**.

Ecuación 2 | Función del Desarrollo Urbano Sustentable

$$I_{DUS} = f(I_{CC})$$

Donde

I_{DUS} : Índice del desarrollo urbano sustentable

I_{CC} : Índice de cambio climático

B.3. Índice de Desarrollo Humano

El índice de desarrollo humano es un indicador que permite medir los avances de una sociedad en materia de desarrollo, al medirlo entre las diferentes CdO se utiliza la metodología del PNUD.³⁸ Esta metodología establece que los factores del desarrollo humano: salud, educación e ingreso tienen la misma importancia; por ello, utiliza el promedio aritmético en su determinación.³⁹ Este índice mide tres aspectos del desarrollo humano: vida larga y saludable, disponer de educación y tener un nivel de vida digno (PNUD, 2012a).

³⁷ Un índice es una medida del cambio de valor de una variable o magnitud en dos situaciones, una de las cuales se toma como referencia. La comparación suele hacerse por cociente.

³⁸ Desde 1990, el PNUD publica anualmente el "Informe sobre Desarrollo Humano". Estos informes permiten conocer y comparar la situación de los países en materia de desarrollo humano, entendido como el proceso de ampliar las oportunidades de las personas para tener una vida plena y creativa. Además de los informes mundiales, desde 1994 se han editado informes nacionales.

³⁹ Este procedimiento no se justifica en su metodología, por lo que sería conveniente realizar una investigación que pudiese determinar factores de ponderación para cada componente (Ramos Poutou & Porras Serrano, 2006).

Como indicadores de estos aspectos se toman la esperanza de vida al nacer,⁴⁰ las tasas de alfabetización y la matriculación escolar y el Producto Interno Bruto (PIB) per cápita. Para obtener el índice de cada componente (I_C) se emplea la **Ecuación 3**.

Ecuación 3 | Índice de cada Componente del Desarrollo Humano

$$I_C = \frac{V_R - V_{mín}}{V_{máx} - V_{mín}}$$

Donde:

- I_C : Índice de componente
- V_R : Valor real
- $V_{máx}$: Valor máximo
- $V_{mín}$: Valor mínimo

Una vez obtenidos los índices para cada componente, el índice de desarrollo humano se calcula con la **Ecuación 4**.

Ecuación 4 | Índice de Desarrollo Humano

$$I_{DH} = \frac{1}{3}(\text{Longevidad}) + \frac{1}{3}(\text{Logro educacional}) + \frac{1}{3}(\text{Ingreso})$$

B.4. Índice del Desarrollo Urbano Sustentable

Para valorar el grado de desarrollo urbano sustentable de las ciudades, se determina su índice con la **Ecuación 5**, mismo que integra los índices social, económico y ambiental del desarrollo urbano y que incluye indicadores del modelo teórico (**Figura 19**).

Ecuación 5 | Índice del Desarrollo Urbano Sustentable

$$I_{DUS} = \frac{I_{sDU} + I_{eDU} + I_{aDU}}{3}$$

Donde

- I_{DUS} : Índice del desarrollo urbano sustentable

⁴⁰ La esperanza de vida mide los años que se espera vivirá un recién nacido, dados los riesgos actuales de mortalidad por edades. Este indicador refleja las condiciones sociales, económicas y ambientales de un país y es el resultado directo de las condiciones de salud (INEGI - INE, 2000).

- I_{sDU} : Índice social del desarrollo urbano
 I_{eDU} : Índice económico del desarrollo urbano
 I_{aDU} : Índice ambiental del desarrollo urbano

B.5. Índice Social del Desarrollo Urbano

El índice social de desarrollo urbano es un valor que permite medir los avances de una ciudad en materia de desarrollo social, al calcular éste índice en las diferentes CdO se establece la **Ecuación 6**, en ésta se emplean promedios ponderados en los índices de población, educación y salud. La ponderación para el índice del impacto social hidrometeorológico se estima como una afectación al desarrollo urbano, desde luego, se espera la inexistencia de dicho término.

Ecuación 6 | Índice Social del Desarrollo Urbano

$$I_{sDU} = -\frac{1}{3}I_{cP} + \frac{1}{3}I_{eD} + \frac{1}{3}I_{sA} - \frac{1}{10}I_{ihs}$$

Dónde:

- I_{sDU} : Índice social del desarrollo urbano
 I_{cP} : Índice del crecimiento de la población
 I_{eD} : Índice de educación
 I_{sA} : Índice de salud
 I_{ihs} : Índice del impacto social de origen hidrometeorológico

B.5.1. Índice del crecimiento de la población

El crecimiento de población, tanto a nivel nacional como regional, constituye un indicador fundamental para la toma de decisiones; el aumento incesante de la población es uno de los factores más importantes que afectan la sustentabilidad a largo plazo y debe vincularse con otros factores que involucra la misma. Cuando el incremento es acelerado, la demanda de más y mejores servicios representa un gran reto para los gobiernos. Con la **Ecuación 7** se determina el índice de crecimiento de la población en cada ciudad.

Ecuación 7 | Índice del Crecimiento de la Población

$$I_{cP} = \frac{cP - cP_p}{cP_{m\acute{a}x} - cP_{m\acute{i}n}} - 1$$

En donde:

- I_{cP} : Índice del crecimiento de la población
- cP : Población registrada de la ciudad (hab)
- cP_p : Población inicial-base de la Cd en el periodo (hab)
- $cP_{m\acute{a}x}$: Población máxima de la Cd en el periodo (hab)
- $cP_{m\acute{i}n}$: Población mínima de la Cd en el periodo (hab)

B.5.2. Índice de educación

El índice de educación que integra el IDH mide el progreso relativo de un país, estado, ciudad o municipio tomando en cuenta los años promedio de escolaridad y los años esperados de escolarización, la **Ecuación 8** determina el índice de educación en cada una de las CdO.

Ecuación 8 | Índice de Educación

$$I_{eD} = \frac{eD - eD_p}{eD_{m\acute{a}x} - eD_{m\acute{i}n}}$$

Donde:

- I_{eD} : Índice de educación
- eD : Índice de educación registrado
- eD_p : Índice de educación promedio de la Cd en el periodo
- $eD_{m\acute{a}x}$: Índice de educación máximo de la Cd en el periodo
- $eD_{m\acute{i}n}$: Índice de educación mínimo de la Cd en el periodo

B.5.3. Índice de salud

El índice de salud que integra el IDH mide el logro relativo de un país, estado, ciudad o municipio respecto a una norma internacional mínima, de 20 años de esperanza de vida al nacer, y una máxima, de 83.4 (PNUD, 2012a). Con la **Ecuación 9** se determina el índice de salud en cada una de las CdO.

Ecuación 9 | Índice de Salud

$$I_{sA} = \frac{sA - sA_p}{sA_{m\acute{a}x} - sA_{m\acute{i}n}}$$

Donde:

- I_{sA} : Índice de salud
- sA : Índice de salud de la ciudad
- sA_p : Índice de salud promedio de la ciudad en el periodo
- $sA_{m\acute{a}x}$: Índice de salud máximo de la Cd en el periodo
- $sA_{m\acute{i}n}$: Índice de salud mínimo de la Cd en el periodo

B.5.4. Índice del impacto social de origen hidrometeorológico

Un impacto de origen hidrometeorológico es un proceso o fenómeno de origen atmosférico, hidrológico u oceanográfico que ocasiona la muerte, lesiones u otros impactos a la salud humana, al igual que daños a la propiedad, pérdida de medios de sustento y de servicios, trastornos sociales y económicos o daños ambientales. Los impactos de origen hidrometeorológico registrados (Tabla 3) se cuantifican para cada CdO en función del valor de afectación social (bajo, medio, alto) y se determina el índice respectivo utilizando la **Ecuación 10**.

Ecuación 10 | Índice del Impacto Social de origen Hidrometeorológico

$$I_{ihs} = \frac{ihs - ihs_p}{ihs_{m\acute{a}x} - ihs_{m\acute{i}n}}$$

Donde:

- I_{ihs} : Índice del impacto social de origen hidrometeorológico
- ihs : Impacto social de origen hidrometeorológico en la Cd (magnitud)
- ihs_p : Impacto social de origen hidrometeorológico promedio en el Cd (magnitud)
- $ihs_{m\acute{a}x}$: Impacto social máximo de origen hidrometeorológico en la Cd en el periodo (magnitud)
- $ihs_{m\acute{i}n}$: Impacto social mínimo de origen hidrometeorológico en la Cd en el periodo (magnitud)

B.6. Índice Económico del Desarrollo Urbano

El índice económico del desarrollo urbano es un valor que permite medir los avances de una ciudad en materia de desarrollo económico, al medir éste índice en las diferentes CdO se establece la **Ecuación 11**, en ésta se emplean promedios ponderados en los índices de ingreso y del PIB per cápita. La ponderación para el índice del impacto económico de origen hidrometeorológico se estima como una afectación al desarrollo urbano, desde luego, se espera la anulación de dicho término.

Ecuación 11 | Índice Económico del Desarrollo Urbano

$$I_{eDU} = \frac{1}{2}I_{iN} + \frac{1}{2}I_{PIBpC} - \frac{1}{10}I_{ihE}$$

Donde:

- I_{eDU} : Índice económico del desarrollo urbano
- I_{iN} : Índice de ingreso
- I_{PIBpC} : Índice del producto interno bruto per cápita
- I_{ihE} : Índice del impacto económico de origen hidrometeorológico

B.6.1. Índice de ingreso

El índice de ingreso muestra el nivel de ingreso de una ciudad y se determina con la **Ecuación 12** para cada una de las CdO. El nivel de recursos y la equidad son componentes fundamentales de la sustentabilidad.

Ecuación 12 | Índice de Ingreso

$$I_{iN} = \frac{iN - iN_p}{iN_{máx} - iN_{mín}}$$

Donde:

- I_{iN} : Índice de ingreso
- iN : Índice de ingreso registrado en la ciudad
- iN_p : Índice de ingreso promedio de la Cd en el periodo
- $iN_{máx}$: Índice de ingreso máximo de la Cd en el periodo
- $iN_{mín}$: Índice de ingreso mínimo de la Cd en el periodo

B.6.2. Índice del Producto Interno Bruto per Cápita

La división de la producción total entre la población permite visualizar la contribución de la producción individual al proceso de desarrollo. No es un indicativo claro para la sustentabilidad. El índice del Producto Interno Bruto se calcula con la **Ecuación 13** para cada una de las CdO.

Ecuación 13 | Índice del Producto Interno Bruto per Cápita

$$I_{PIB_{pC}} = \frac{PIB_{pC} - PIB_{pCp}}{PIB_{pC \text{ máx}} - PIB_{pC \text{ mín}}}$$

Donde:

$I_{PIB_{pC}}$: Índice del Producto Interno Bruto per Cápita

PIB_{pC} : Producto Interno Bruto registrado en la ciudad (dólares)

PIB_{pCp} : Producto Interno Bruto promedio de la Cd en el periodo (dólares)

$PIB_{pC \text{ máx}}$: Producto Interno Bruto máximo de la Cd en el periodo (dólares)

$PIB_{pC \text{ mín}}$: Producto Interno Bruto mínimo de la Cd en el periodo (dólares)

B.6.3. Índice del impacto económico de origen hidrometeorológico

Un impacto de origen hidrometeorológico es un proceso o fenómeno de origen atmosférico, hidrológico u oceanográfico que ocasiona la muerte, lesiones u otros impactos a la salud humana, al igual que daños a la propiedad, pérdida de medios de sustento y de servicios, trastornos sociales y económicos, o daños ambientales. Los impactos de origen hidrometeorológico registrados (Tabla 3), se cuantifican para cada CdO en función del valor de afectación económico (bajo, medio, alto) y se determina el índice respectivo utilizando la **Ecuación 14**.

Ecuación 14 | Índice del Impacto Económico de origen Hidrometeorológico

$$I_{ihE} = \frac{ihE - ihE_p}{ihE_{máx} - ihE_{mín}}$$

Donde:

I_{ihE} : Índice del impacto económico de origen hidrometeorológico

ihE : Impacto económico de origen hidrometeorológico en la Cd (magnitud)

- ihE_p : Impacto económico de origen hidrometeorológico esperado en el Cd (magnitud)
 $ihE_{máx}$: Impacto económico máximo de origen hidrometeorológico en la Cd en el periodo (magnitud)
 $ihm_{mín}$: Impacto económico mínimo de origen hidrometeorológico en la Cd en el periodo (magnitud)

B.7. Índice Ambiental del Desarrollo Urbano

El índice ambiental del desarrollo urbano es un valor que permite medir avances de una ciudad en materia de ambiental, con la **Ecuación 15** se determina este índice para las diferentes ciudades de estudio. En esta ecuación se emplean promedios ponderados en los índices de extracción de agua, consumo de agua, densidad poblacional y disposición de residuos sólidos urbanos. La ponderación para el índice del impacto ambiental de origen hidrometeorológico se estima como una afectación al desarrollo urbano, desde luego que se espera la inexistencia de dicho término.

Ecuación 15 | Índice Ambiental del Desarrollo Urbano

$$I_{aDU} = \frac{1}{4}I_{eA} + \frac{1}{4}I_{cA} - \frac{1}{4}I_{dP} + \frac{1}{4}I_{dR} - \frac{1}{10}I_{ihA}$$

Dónde:

- I_{aDU} : Índice ambiental del desarrollo urbano
 I_{eA} : Índice de extracción de agua superficial y subterránea al día
 I_{cA} : Índice del consumo de agua para vivienda y urbanización
 I_{dP} : Índice de densidad de población
 I_{dR} : Índice de disposición de residuos sólidos urbanos
 I_{ihA} : Índice de impacto ambiental de origen hidrometeorológico

B.7.1. Índice de extracción de agua subterránea y superficial al día

El volumen de agua subterránea y superficial extraída para ser utilizada; es un indicador cuya disponibilidad limitada puede repercutir negativamente en la sustentabilidad, frenar el desarrollo económico y provocar pérdidas en la biodiversidad. Su índice se calcula a partir de la **Ecuación 16**.

Ecuación 16 | Índice de Extracción de Agua al Día

$$I_{eA} = \frac{eA - eA_p}{eA_{m\acute{a}x} - eA_{m\acute{i}n}}$$

En este caso

- I_{eA} : Índice de extracción de agua al día
- eA : Volumen de agua extraído al día en la ciudad (miles de m³)
- eA_p : Volumen inicial – base de agua extraída al día en la Cd durante el período (miles de m³)
- $eA_{m\acute{a}x}$: Volumen máximo de agua extraído al día en la ciudad durante el periodo (miles de m³)
- $eA_{m\acute{i}n}$: Volumen mínimo de agua extraído al día en la ciudad durante el periodo (miles de m³)

B.7.2. Índice del consumo de agua para vivienda y urbanización

El consumo doméstico de agua por habitante es la cantidad de agua que consume una persona para beber, limpieza, preparación de alimentos y otros usos domésticos, incluido el riego de jardines.⁴¹ Cuando el uso de agua es habitual para los animales domésticos, estas necesidades se incluyen en la evaluación (INEGI - INE, 2000).

Con datos de extracción de agua para vivienda y urbanización se determina el índice del consumo de agua, el cual evalúa la cantidad de agua disponible y/o necesaria para los individuos de una ciudad, de forma que satisfagan sus necesidades básicas (**Ecuación 17**). La sustentabilidad busca una ordenación eficaz de los recursos hídricos.

Ecuación 17 | Índice del Consumo de Agua para Vivienda y Urbanización

$$I_{cA} = \frac{Q - Q_p}{Q_{m\acute{a}x} - Q_{m\acute{i}n}}$$

En este caso

- I_{cA} : Índice del consumo de agua para vivienda y urbanización
- Q : Dotación de agua potable en la ciudad (lts/hab/día)
- Q_p : Dotación mínima de agua, definida según la ciudad (lts/hab/día)

⁴¹ En el riego de jardines es posible reutilizar las aguas jabonosas provenientes de lavabos y regaderas.

- $Q_{m\acute{a}x}$: Dotación máxima de agua en la ciudad durante el periodo (lts/hab/día)
 $Q_{m\acute{i}n}$: Dotación mínima de agua en la ciudad durante el periodo (lts/hab/día)

B.7.3. Índice de densidad poblacional

La densidad de población es el número total de habitantes de una Cd dividida entre su superficie territorial. Esta densidad refleja con mayor aproximación la presión demográfica sobre los recursos naturales, urbanos y territoriales. La Agenda 21 relaciona este indicador con la disponibilidad de agua, producción de desechos, desertificación y daños al ambiente. Para determinar su índice en cada una de las CdO se emplea la **Ecuación 18**.

Ecuación 18 | Índice de Densidad Poblacional

$$I_{dP} = \frac{dP - dP_p}{dP_{m\acute{a}x} - dP_{m\acute{i}n}} - 1$$

Donde:

- I_{dP} : Índice de densidad poblacional
 dP : Densidad de población en la Cd (hab/km²)
 dP_p : Densidad de población inicial – base de la Cd en el periodo (hab/km²)
 $dP_{m\acute{a}x}$: Crecimiento poblacional máximo de la Cd en el periodo (hab/km²)
 $dP_{m\acute{i}n}$: Crecimiento poblacional mínimo de la Cd en el periodo (hab/km²)

B.7.4. Índice de disposición de residuos sólidos urbanos

Según la Norma Oficial Mexicana NOM-083-SEMARNAT-2003 (SEMARNAT, 2004a), los sitios de disposición final de residuos sólidos urbanos y de manejo especial se categorizan de acuerdo a la cantidad de toneladas de dichos residuos que ingresan al día y a partir del grado en que cubren las máximas especificaciones de seguridad que requiere un confinamiento. Siendo este confinamiento de mayor a menor:

1. **Relleno Sanitario.** Obra de infraestructura que involucra métodos y obras de ingeniería para la disposición final de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial.

2. **Sitio controlado.** Sitio inadecuado de disposición final que cumple con las especificaciones de un relleno sanitario en lo que se refiere a obras de infraestructura y operación, pero no cumple con las especificaciones de impermeabilización.
3. **Sitio no controlado.** Sitio inadecuado de disposición final que no cumple con los requisitos establecidos en la NOM 083 (tiraderos de basura a cielo abierto) (SEMARNAT, 2004a).

El índice de disposición de residuos sólidos en cada una de las CdO se determina con la **Ecuación 19**.

Ecuación 19 | Índice de Disposición de Residuos Sólidos Urbanos

$$I_{dR} = \frac{dR - dR_b}{dR_{m\acute{a}x} - dR_{m\acute{i}n}} - 1$$

Donde:

- I_{dR} : Índice de disposición de residuos sólidos urbanos
- dR : Disposición de residuos sólidos urbanos en la Cd (kg/hab)
- dR_p : Disposición de residuos sólidos urbanos inicial-base en Cd en el periodo (kg/hab)
- $dR_{m\acute{a}x}$: Disposición de residuos sólidos máximo en la Cd durante el periodo (kg/hab)
- $dR_{m\acute{i}n}$: Disposición de residuos sólidos mínimo en la Cd durante el periodo (kg/hab)

B.7.5. Índice del impacto ambiental de origen hidrometeorológico

Un impacto de origen hidrometeorológico es un proceso o fenómeno de origen atmosférico, hidrológico u oceanográfico que ocasiona la muerte, lesiones u otros impactos a la salud humana, al igual que daños a la propiedad, pérdida de medios de sustento y de servicios, trastornos sociales y económicos, o daños ambientales. Los impactos de origen hidrometeorológico registrados (Tabla 3), se cuantifican para cada CdO en función del valor de afectación ambiental (bajo, medio, alto) y se determina el índice respectivo utilizando la **Ecuación 20**.

Ecuación 20 | Índice del Impacto Ambiental de origen Hidrometeorológico

$$I_{ihA} = \frac{ihA - ihA_p}{ihA_{m\acute{a}x} - ihA_{m\acute{i}n}}$$

En donde:

- I_{ihA} : Índice de impacto ambiental de origen hidrometeorológico
- ihA : Impacto ambiental de origen hidrometeorológico en la Cd (magnitud)
- ihA_p : Impacto ambiental de origen hidrometeorológico esperado en el Cd (magnitud)
- $ihA_{m\acute{a}x}$: Impacto ambiental máximo de origen hidrometeorológico en la Cd en el periodo (magnitud)
- $ihA_{m\acute{i}n}$: Impacto ambiental mínimo de origen hidrometeorológico en la Cd en el periodo (magnitud)

B.8. Índice de Cambio Climático

Al obtener el índice de cambio climático se emplea la **Ecuación 21** la cual incluye indicadores del modelo teórico (**Figura 19**).

Ecuación 21 | Índice de Cambio Climático

$$I_{CC} = \frac{I_{pCC} + I_{eCC} + I_{rCC}}{3}$$

Donde

- I_{CC} : Índice de cambio climático
- I_{pCC} : Índice de la presión ambiental urbana al cambio climático
- I_{eCC} : Índice del estado de cambio climático
- I_{rCC} : Índice de la respuesta urbana al cambio climático

B.9. Índice de la Presión Ambiental Urbana al Cambio Climático

Las actividades humanas inherentes al desarrollo urbano que ejercen presión sobre el ambiente, contribuyen al fenómeno de cambio climático. El índice de la presión ambiental urbana es un valor que refleja presiones directas e indirectas sobre el ambiente; es decir, grados de contaminación y uso de recursos para cada Cd, este índice se determina con la **Ecuación 22**.

Ecuación 22 | Índice de la Presión Ambiental Urbana al Cambio Climático

$$I_{pCC} = \frac{I_{CO_2\ veh} + I_{CO_2\ dom} + I_{CH_4} + I_{CUS}}{4}$$

Donde:

- I_{pCC} : Índice de la presión ambiental urbana al cambio climático
- $I_{CO_2\ veh}$: Índice de la emisión de bióxido de carbono vehicular
- $I_{CO_2\ dom}$: Índice de la emisión de bióxido de carbono doméstica
- I_{CH_4} : Índice de la emisión de gas metano por desechos sólidos
- I_{CUS} : Índice del cambio de uso del suelo

B.9.1. Índice de la emisión de bióxido de carbono vehicular

Los vehículos automotores, han revolucionado la vida de la humanidad desde su aparición y comercialización a principios del siglo XX. Sin embargo, aunque son muy útiles, consumen combustibles fósiles y emiten GEI y otros contaminantes a la atmósfera. El rápido crecimiento de la flota de vehículos plantea un enorme desafío para enfrentar al CC;⁴² al estimar la aportación de CO₂ del parque vehicular (**Ecuación 23**) se utilizan niveles promedio de emisión, estos son los llamados factores de emisión (FE_V).

Ecuación 23 | Emisión de Bióxido de Carbono Vehicular

$$E_{CO_2} = N_V * k_V * FE_V$$

Donde:

- E_{CO_2} : Emisión de CO₂ vehicular (g)
- N_V : Número de vehículos
- k_V : Kilometraje promedio recorrido (km)
- FE_V : Factor de emisión vehicular de CO₂ (Gco₂/km/vehículo)

⁴² Para el año 2050 se prevé que, en todo el Mundo, el número de vehículos se triplique, con más del 80% de crecimiento en países en D. De seguir esta tendencia, las emisiones de GEI seguirán incrementándose y se pondrán en riesgo el suministro y las reservas mundiales de petróleo en muchas \mathcal{R} s, con el consecuente desequilibrio en el comercio que puede dejar a las economías vulnerables a la inestabilidad y a la escalada de los precios de los energéticos, sin olvidar los efectos en el CC (CONUEE, 2010).

Con los datos de emisión obtenidos, se determina el índice de la emisión de bióxido de carbono vehicular en cada Cd (**Ecuación 24**)

Ecuación 24 | Índice de la Emisión de Bióxido de Carbono Vehicular

$$I_{CO_2 veh} = \frac{E_{CO_2} - E_{CO_2 p}}{E_{CO_2 máx} - E_{CO_2 mín}}$$

Donde:

- $I_{CO_2 veh}$: Índice de la emisión de CO₂ vehicular
- E_{CO_2} : Emisión de CO₂ vehicular (g)
- $E_{CO_2 p}$: Emisión anual promedio de CO₂ vehicular en la Cd (g)
- $E_{CO_2 máx}$: Emisión anual máxima de CO₂ vehicular (g)
- $E_{CO_2 mín}$: Emisión anual mínima de CO₂ vehicular (g)

B.9.2. Índice de la emisión de bióxido de carbono doméstico

Una posibilidad de reducir GEI es el ahorro energético en viviendas; es evidente que su construcción en los últimos años, carece de criterios del ahorro energético. Se calcula que actualmente cerca de un 7 a 9 % del total de emisiones de CO₂ se atribuye a las viviendas. En promedio se sitúa en 1 300 kg de CO₂ al año por vivienda. No es el sector que más emisiones produce (el transporte es responsable del 40%), pero ahorrar energía en casa es un compromiso y obligación que todos podemos asumir, es una medida educativa hacia las futuras generaciones (Planética.org, 2014).

Para estimar la emisión de CO₂ de viviendas se utilizan niveles promedio de emisión aplicando la **Ecuación 25** y con los datos obtenidos, se determina el índice de la emisión de bióxido de carbono doméstico para cada Cd (**Ecuación 26**).

Ecuación 25 | Emisión de Bióxido de Carbono Residencial

$$E_{CO_2} = N_R * FE_R$$

Donde:

- E_{CO_2} : Emisión de CO₂ residencial (g)
- N_R : Número de viviendas particulares habitadas

FE_V : Factor de emisión residencial de CO₂ (gCO₂/vivienda)

Ecuación 26 | Índice de la Emisión de Bióxido de Carbono Doméstico

$$I_{CO_2 \text{ dom}} = \frac{E_{CO_2} - E_{CO_2 p}}{E_{CO_2 \text{ máx}} - E_{CO_2 \text{ mín}}}$$

Donde:

- $I_{CO_2 \text{ dom}}$: Índice de la emisión de CO₂ doméstico
- E_{CO_2} : Emisión de CO₂ doméstico (g)
- $E_{CO_2 p}$: Emisión anual promedio de CO₂ doméstico en la Cd (g)
- $E_{CO_2 \text{ máx}}$: Emisión anual máxima de CO₂ doméstico (g)
- $E_{CO_2 \text{ mín}}$: Emisión anual mínima de CO₂ doméstico (g)

B.9.3. Índice de la emisión de gas metano por desechos sólidos urbanos

La metodología del IPCC (2006) para estimar las emisiones de gas metano provenientes de los sitios de eliminación de desechos sólidos (SEDS) se basa en el método de descomposición de primer orden (FOD)⁴³ que formula la hipótesis que el componente orgánico degradable (DOC)⁴⁴ de los desechos se descompone lentamente a lo largo de unas pocas décadas durante las cuales se forman el CH₄ y el CO₂. Si las condiciones permanecen constantes, el índice de producción del CH₄ depende únicamente de la cantidad de carbono restante en los desechos. De aquí resulta que las emisiones de CH₄ generadas por los desechos depositados en un vertedero son las más altas durante los primeros pocos años siguientes a la eliminación y que, luego, éstas decaen a medida que el carbono degradable de los desechos es consumido por las bacterias responsables de la descomposición.

De los tres niveles para estimar las emisiones de CH₄ generadas por los SEDS descritos en las Directrices (IPCC, 2006) volumen V “Desechos”, se ha considerado en esta

⁴³ FOD (del inglés, *First Order Decay*): método de descomposición de primer orden.

⁴⁴ DOC (del inglés, *Degradable Organic Carbon*): carbono orgánico degradable.

investigación el **nivel 1**, donde las estimaciones se basan en el método FOD del IPCC que usa principalmente datos de la actividad y parámetros, ambos por defecto.

Las emisiones de CH₄ procedentes de la eliminación de desechos sólidos durante un solo año se obtienen con la **Ecuación 27**. El CH₄ se genera como resultado de la descomposición de materias orgánicas bajo condiciones anaeróbicas. Una parte del CH₄ generado se oxida en la cubierta de los SEDS o puede recuperarse para obtener energía o la quema en antorcha. La cantidad de CH₄ realmente emitido a partir de los SEDS será, por lo tanto, inferior a la cantidad generada.

Ecuación 27 | Emisiones de CH₄ por los Sitios de Eliminación de Desechos Sólidos

$$CH_4 = \left[\sum_X^i CH_4 \text{ generado} - R_T \right] [1 - OX_T]$$

Donde:

- CH_4 : CH₄ emitido durante el año T, Gg
- T: Año del inventario
- X: Categoría o tipo de desecho y/o material
- R_T : CH₄ recuperado durante el año T, Gg
- OX_T : Factor de oxidación durante el año T, (fracción)

El potencial de generación de CH₄ de los desechos que se eliminan en un año determinado decrece gradualmente a través de las décadas siguientes. El modelo FOD se funda en un factor exponencial que describe la fracción de material degradable que se descompone cada año en CH₄ y CO₂. La base para el cálculo es la cantidad de carbono orgánico degradable disuelto (DDOC_m)⁴⁵ como se define en la **Ecuación 28**. DDOC_m es la parte del carbono orgánico que se degrada en condiciones anaeróbicas en los SEDS.

Ecuación 28 | Carbono Orgánico Degradable Disuelto Depositado

$$DDOC_m = (W)(DOC)(DOC_f)(MCF)$$

Donde:

- $DDOC_m$: Masa del DOC disuelto depositado, Gg

⁴⁵ DDOC, del inglés, *Decomposable Degradable Organic Carbon*.

- W : Masa de los desechos depositados, Gg
 DOC : DOC durante el año de deposición, fracción, Gg de C/Gg de desechos
 DOC_f : Fracción del DDOC que puede descomponerse
 MCF : Factor de corrección de CH_4 para la descomposición aeróbica durante el año de deposición (fracción)

El potencial de generación de CH_4 (L_o), es obtenido con la **Ecuación 29**.

Ecuación 29 | Potencial de Generación de Gas Metano

$$L_o = (DDOCm)(F)\left(\frac{16}{12}\right)$$

Donde:

- L_o : Potencial de generación de CH_4 , Gg de CH_4
 DOC_m : Masa del DOC disuelto depositado, Gg
 F : Fracción de CH_4 en el gas de vertedero generado (fracción de volumen)
 $\frac{16}{12}$: Cociente del peso molecular del CH_4 y el C (cociente)

En una reacción de primer orden, la cantidad de producto es siempre proporcional a la cantidad de material reactivo. Esto significa que el año en el cual el material de desecho fue depositado en el SEDS no es pertinente para determinar la cantidad de CH_4 generado cada año. Lo único que cuenta es la masa total de material en descomposición que existe actualmente en el sitio.

Esto significa también que cuando se conoce la cantidad de material en descomposición en los SEDS al comienzo del año, en el método de estimación, cada año puede considerarse como el año 1 y los cálculos básicos de primer orden pueden efectuarse con estas dos ecuaciones simples (Ecuación 30 y Ecuación 31

Ecuación 31), donde la reacción de descomposición inicia el 1° de enero de cada año posterior a la eliminación.

Ecuación 30 | Carbono Orgánico Degradable Disuelto Acumulado

$$DDOCma_T = DDOCmd_T + [(DDOCma_{T-1})(e^{-k})]$$

Ecuación 31 | Carbono Orgánico Degradable Disuelto Descompuesto

$$DDOCm_{descomp_T} = (DDOCma_{T-1})(1 - e^{-k})$$

Donde:

T : Año del inventario

$DDOCma_T$: $DDOCm$ acumulado en los SEDS al final del año T , Gg

$DDOCma_{T-1}$: $DDOCm$ acumulado en los SEDS al final del año $T-1$, Gg

$DDOCmd_T$: $DDOCm$ depositado en los SEDS durante el año T , Gg

$DDOCm_{descomp_T}$: $DDOCm$ descompuesto en los SEDS durante el año T , Gg

k : Constante de reacción, $k = (\ln 2) / (t_{1/2})$

$t_{1/2}$: Vida media (años)

No todo el $DOCm$ que entra en el sitio se descompone en condiciones anaeróbicas en los SEDS. El parámetro DOC_f es la fracción de $DOCm$ que se degrada realmente en el SEDS. El $DOCm$ disuelto (o susceptible de descomposición) que entra en el SEDS se calcula con la **Ecuación 32**.

Ecuación 32 | Carbono Orgánico Degradable Disuelto Depositado

$$DDOCmd_T = (W_T)(DOC)(DOC_f)(MCF)$$

Para determinar la cantidad CH_4 que se forma a partir del material que puede descomponerse, se aplica la **Ecuación 33**.

Ecuación 33 | Cantidad de Gas Metano a partir del Material en Descomposición

$$CH_4_{generado_T} = [DDOCm_{descomp_T}][F] \left[\frac{16}{12} \right]$$

Donde:

$CH_4_{generado_T}$: Cantidad de CH_4 generado a partir del material en descomposición

$DDOCm_{descomp_T}$: CH_4 descompuesto durante el año T , Gg

F : Fracción de CH_4 en el gas de vertedero generado (fracción de volumen)

$\frac{16}{12}$: Cociente del peso molecular del CH_4 y el C (cociente)

Con el valor de emisión de gas metano obtenido en cada ciudad (**Ecuación 27**), se calcula el índice de la emisión de gas metano por desechos sólidos urbanos (**Ecuación 34**).

Ecuación 34 | Índice de la Emisión de Gas Metano por Desechos Sólidos Urbanos

$$I_{CH_4} = \frac{E_{CH_4} - E_{CH_4 p}}{E_{CH_4 máx} - E_{CH_4 mín}}$$

Donde:

- I_{CH_4} : Índice de la emisión de CO_4 por desechos sólidos
- E_{CH_4} : Emisión de CH_4 por desechos sólidos (g)
- $E_{CH_4 p}$: Emisión anual promedio de CH_4 por desechos sólidos en la Cd (g)
- $E_{CH_4 máx}$: Emisión anual máxima de CH_4 por desechos sólidos (g)
- $E_{CH_4 mín}$: Emisión anual mínima de CH_4 por desechos sólidos (g)

B.9.4. Índice de cambio de uso del suelo

Para valorar el cambio a lo largo del tiempo de los usos del suelo se consideran las modificaciones en la superficie de la mancha urbana. A partir de los Marcos Geoestadísticos Nacionales que integra el INEGI [(2005b) y (2013a)] se determinan las superficies de las manchas urbanas, con ello se calcula el índice de cambio de uso del suelo aplicando la **Ecuación 35**.

Ecuación 35 | Índice de Cambio de Uso del Suelo

$$I_{cUS} = \frac{cUS - cUS_p}{cUSP_{máx} - cUS_{mín}}$$

Para esto:

- I_{cUS} : Índice de cambio de uso del uso del suelo anual en la Cd
- cUS : Cambio de uso de suelo anual en la Cd (km^2)
- cUS_p : Cambio de uso de suelo promedio en la Cd (km^2)
- $cUS_{máx}$: Cambio de uso de suelo anual máximo (km^2)
- $cUS_{mín}$: Cambio de uso de suelo anual mínimo (km^2)

B.10. Índice de Estado del Cambio Climático

El índice de estado del cambio climático es un valor que mide la calidad del clima en cada Cd, se integra con los índices de precipitación pluvial, evaporización, temperaturas y oscilación térmica; se obtiene con la **Ecuación 36**.

Ecuación 36 | Índice de Estado del Cambio Climático

$$I_{eCC} = \frac{I_P + I_E + I_{T_{m\acute{a}x}} + I_{T_{m\acute{i}n}} + I_{T_{med}} + I_{oS}}{6}$$

Para esto:

I_{eCC} : Índice de estado del cambio climático

I_{plu} : Índice de precipitación pluvial

I_E : Índice de evaporización

$I_{T_{m\acute{a}x}}$: Índice de temperatura máxima anual

$I_{T_{m\acute{i}n}}$: Índice de temperatura mínima anual

$I_{T_{med}}$: Índice de temperatura media anual

I_{oS} : Índice de oscilación térmica

B.10.1. Índice de precipitación pluvial

La precipitación pluvial es la caída de agua de las nubes, en estado líquido o sólido; para que se produzca es necesario que las pequeñas gotas de la nube se unan para formar gotas más grandes⁴⁶ que venzan la resistencia del aire y caigan (Ayllón, 2013). A partir de los datos históricos de precipitación diaria de las estaciones meteorológicas: 20039, 20048, 20070, 20079, 20080, 20084, 20134, 20149, 20275, 20294, 20326, 20333, 20350 y 20500, del Servicio Meteorológico Nacional (SMN) se obtiene su valor anual⁴⁷ y se determina el índice de precipitación pluvial en cada ciudad con la Ecuación 37.

Ecuación 37 | Índice de Precipitación Pluvial

$$I_P = \frac{P - P_p}{P_{m\acute{a}x} - P_{m\acute{i}n}}$$

⁴⁶ Una gota de nube generalmente tiene un diámetro de entre 10 y 30 μ y una gota de lluvia alrededor de 2000 μ .

⁴⁷ Al obtener los registros anuales de precipitación se lleva a cabo una validación de las bases de datos diarias disponible para cada ciudad, a manera de identificar inconsistencias que afecten el análisis de la información.

Para esto:

- I_p : Índice de precipitación pluvial anual en la Cd
- P : Precipitación pluvial anual en la Cd (mm)
- P_p : Precipitación pluvial promedio [serie temporal disponible] en la Cd (mm)
- $P_{máx}$: Precipitación pluvial anual máxima (mm)
- $P_{mín}$: Precipitación pluvial anual mínima (mm)

B.10.2. Índice de evaporización pluvial

El agua se presenta en tres estados: sólido líquido y gaseoso; el cambio de uno a otro estado comprende la absorción o liberación de calor. El agua se evapora mediante la absorción de calor y se condensa liberando calor. La humedad del aire proviene principalmente de la evaporización; con los datos históricos diarios de las estaciones meteorológicas: 20039, 20048, 20070, 20079, 20080, 20084, 20134, 20149, 20275, 20294, 20326, 20333, 20350 y 20500, del SMN se obtiene la evaporización anual⁴⁸ y se determina el índice de evaporización pluvial, a través de la **Ecuación 38**.

Ecuación 38 | Índice de Evaporización Pluvial

$$I_E = \frac{E - E_p}{E_{máx} - E_{mín}}$$

Para esto:

- I_E : Índice de evaporización pluvial anual en la Cd
- E : Evaporización pluvial anual en la Cd (mm)
- E_p : Evaporización pluvial promedio [serie temporal disponible] en la Cd (mm)
- $E_{máx}$: Evaporización pluvial anual máxima (mm)
- $E_{mín}$: Evaporización pluvial anual mínima (mm)

⁴⁸ Al obtener los registros anuales de evaporización se lleva a cabo una validación de las bases de datos diarias disponible para cada ciudad, a manera de identificar inconsistencias que afecten el análisis de la información.

B.10.3. Índice de temperatura: máxima, mínima y promedio

La temperatura del aire es el grado sensible de calor y se debe principalmente a la radiación calorífica de onda larga que emite la superficie del planeta (Ayllón, 2013). Existen varios los factores que influyen en la transmisión de calor y, por tanto en la temperatura de las distintas CdO. Los datos de las estaciones meteorológicas: 20039, 20048, 20070, 20079, 20080, 20084, 20134, 20149, 20275, 20294, 20326, 20333, 20350 y 20500, del SMN, permiten determinar los índices de temperatura máxima, mínima y promedio en cada una de las ciudades (**Ecuaciones 39, 40 y 41**).

Ecuación 39 | Índice de Temperatura Máxima

$$I_{T_{máx}} = \frac{T_{máx} - T_{máxp}}{T_{máxmáx} - T_{máxmín}}$$

En donde

- $I_{T_{máx}}$: Índice de temperatura máxima en la Cd
- $T_{máx}$: Temperatura anual máxima en la Cd (°C)
- $T_{máxp}$: Temperatura anual máxima, promedio en la Cd (°C)
- $T_{máxmáx}$: Temperatura anual máxima, máxima en la Cd (°C)
- $T_{máxmín}$: Temperatura anual máxima, mínima en la Cd(°C)

Ecuación 40 | Índice de Temperatura Mínima

$$I_{T_{mín}} = \frac{T_{mín} - T_{mínp}}{T_{mínmáx} - T_{mínmín}}$$

En donde

- $I_{T_{mín}}$: Índice de temperatura mínima en la Cd
- $T_{mín}$: Temperatura anual mínima en la Cd (°C)
- $T_{mínp}$: Temperatura anual mínima, promedio en la Cd (°C)
- $T_{mínmáx}$: Temperatura anual mínima, máxima en la Cd (°C)
- $T_{mínmín}$: Temperatura anual mínima, mínima en la Cd(°C)

Ecuación 41 | Índice de Temperatura Media

$$I_{T_{med}} = \frac{T_{med} - T_{medp}}{T_{medmáx} - T_{medmín}}$$

En donde

- $I_{T_{med}}$: Índice de temperatura media en la Cd
 T_{med} : Temperatura anual media en la Cd (°C)
 T_{medp} : Temperatura anual media, promedio en la Cd (°C)
 $T_{medmáx}$: Temperatura anual media, máxima en la Cd (°C)
 $T_{medmín}$: Temperatura anual media, mínima en la Cd(°C)

B.10.4. Índice de oscilación térmica

La amplitud de la **oscilación térmica diaria**, o diferencia entre las temperaturas máxima y mínima de un día obedece a diversas causas como latitud, influencia de océanos y continentes, altitud, nubosidad, particulares locales y estaciones del año (Ayllón, 2013). Con los datos históricos de las estaciones meteorológicas: 20039, 20048, 20070, 20079, 20080, 20084, 20134, 20149, 20275, 20294, 20326, 20333, 20350 y 20500, del SMN se obtiene la oscilación térmica y se determina su índice, a través de la **Ecuación 42**.

Ecuación 42 | Índice de Oscilación Térmica Diaria

$$I_{oS} = \frac{oS - oS_p}{oS_{máx} - oS_{mín}}$$

Para esto

- I_{oS} : Índice de oscilación térmica en la Cd
 oS : Oscilación térmica en la Cd (°C)
 oS_p : Oscilación térmica promedio [serie temporal disponible] en la Cd (°C)
 $oS_{máx}$: Oscilación térmica máxima (°C)
 $oS_{mín}$: Oscilación térmica mínima (°C)

B.11. Índice de Respuesta Urbana al Cambio Climático

El índice de respuesta urbana al cambio climático, indica el nivel de esfuerzo social y político en materia de cambio climático determinándose su valor con la **Ecuación 43**.

Ecuación 43 | Índice de Respuesta Urbana al Cambio Climático

$$I_{rCC} = \frac{I_{dA} - I_{res} + cT + cHR}{4}$$

En este caso

- I_{rCC} : Índice de respuesta urbana al cambio climático
- I_{dA} : Índice de demandas en materia ambiental
- I_{res} : Índice de disposición de residuos sólidos urbanos en rellenos sanitarios
- I_{cT} : Índice de calidad de la temperatura interior
- I_{cHR} : Índice de calidad de la humedad relativa

B.11.1. Índice de demandas en materia ambiental

Una denuncia puede referirse a más de una materia regulada, a decir: atmósfera, agua, suelo, flora silvestre, forestal, ordenamiento ecológico e impacto ambiental u otro no especificado. El índice de demandas de este tipo se calcula a partir de la **Ecuación 44**.

Ecuación 44 | Índice de Demandas en Materia Ambiental

$$I_{dA} = \frac{dA - dA_p}{dA_{m\acute{a}x} - dA_{m\acute{i}n}}$$

En este caso

- I_{dA} : Índice de demandas en materia ambiental
- dA : Demandas en materia ambiental (demandas)
- dA_p : Número de demandas en materia ambiental ideal en la Cd durante el período
- $dA_{m\acute{a}x}$: Máximo número de demandas en materia ambiental en la Cd durante el periodo
- $dA_{m\acute{i}n}$: Mínimo número de demandas en materia ambiental en la ciudad durante el periodo

B.11.2. Índice de disposición de residuos sólidos urbanos en rellenos sanitarios

Un relleno sanitario es una obra de infraestructura que involucra métodos y obras de ingeniería para la disposición final de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial. La disposición de residuos en estos sitios minimiza la afectación ambiental, este indicador se calcula como la relación del volumen de RSU en rellenos sanitarios y el volumen total recolectado, su índice se calcula a partir de la **Ecuación 45**.

Ecuación 45 | Índice de Disposición de Residuos Sólidos Urbanos en Rellenos Sanitarios

$$I_{res} = reS - reSp$$

En este caso

I_{res} : Índice de disposición de residuos sólidos urbanos en rellenos sanitarios

reS : Proporción de residuos sólidos urbanos en rellenos sanitarios durante el periodo (%)

$reSp$: Proporción de residuos sólidos urbanos ideal en rellenos sanitarios durante el período (%)

B.11.3. Índice de la calidad de la temperatura interior

La calidad de aire interior incluye una introducción y distribución del aire adecuado para la ventilación central de los contaminantes aéreos y el mantenimiento de la temperatura y humedad relativa aceptables, de tal forma que las personas expuestas no sientan insatisfacción (López López, 2008a). El índice de calidad de la temperatura al interior de una vivienda, se construye en cada una de las CdO, con datos de temperatura y aplicando la **Ecuación 46**.

Ecuación 46 | Índice de Calidad de la Temperatura Interior

$$I_{cT} = \frac{cT - cT_p}{cT_{máx} - cT_{mín}}$$

En donde

I_{cT} : Índice de calidad de la temperatura interior

cT : Calidad de la temperatura interior en la Cd (%)

cT_p : Calidad promedio de la temperatura interior en la Cd (%)

$cT_{máx}$: Calidad máxima de la temperatura interior en la Cd (%)

$cT_{mín}$: Calidad mínima de la temperatura interior en la Cd (%)

B.12. Instrumentos para la recolección de la información

Los pasos observados para la obtención, manejo e interpretación de la información que apoya los argumentos de la presente investigación, se indican a continuación.

- I. Como se menciona en el apartado 1.4 la investigación opta por una **regionalización nodal** o **polarizada**, este tipo de región nos refiere a la no homogeneidad en la actividad económica a nivel espacial y la actividad de la economía.
- II. Se integran las bases de datos para las ciudades ubicadas en el estado de Oaxaca. Los porcentajes y valores se considerarán según el promedio por ciudad, obteniendo e integrando con las bases de datos oficiales (Tabla 18) las series de tiempo para cada indicador definido.

Tabla 18 | Fuentes de Información para conformar Indicadores

Base de Datos	Fuente de Información
Denuncias ambientales	PROFEPA, Delegación en el Estado de Oaxaca. (PROFEPA, 2012).
Desarrollo Humano	Oficina de Investigación en Desarrollo Humano (PNUD México, 2014a)
Educación	Oficina de Investigación en Desarrollo Humano (PNUD México, 2014a)
Evaporización	Climatología histórica diaria del SMN (CONAGUA-SMN, 2014a)
Georeferenciación	Marco Geoestadístico de México 2013 (INEGI, 2013a)
Impactos hidrometeorológicos	CENAPRED, (INE, 2000b), (CONAGUA, 2011a), CIEDD y SINAPROC
Ingreso	Oficina de Investigación en Desarrollo Humano (PNUD México, 2014a)
Mancha urbana	Marcos Geoestadísticos del INEGI [(2013a) y (2005b)]
Marginación	Consejo Nacional de Población (CONAPO, 2014a).
Población	Conteos y Censos del INEGI [1990a, 1995a, 2000a, 2005a y 2011a]
Precipitación pluvial	Climatología histórica diaria del SMN (CONAGUA-SMN, 2014a)
Producto Interno Bruto	Oficina de Investigación en Desarrollo Humano (PNUD México, 2014a)
Residuos sólidos urbanos	Instituto Estatal de Ecología y Desarrollo Sustentable (Gobierno de Oaxaca, 2012b)
Salud	Oficina de Investigación en Desarrollo Humano (PNUD México, 2014a)
Temperatura	Climatología histórica diaria del SMN (CONAGUA-SMN, 2014a)
Viviendas	Conteos y Censos del INEGI [(2011a), (2005a) y (2000a)]

Fuente: El autor.

- III. Los datos anteriores se agrupan, definen o se utilizan para obtener, en cada ciudad en Oaxaca el total de indicadores realizando las operaciones señaladas en el modelo de investigación.

B.13. Instrumentos de Análisis y Pruebas de Hipótesis

En este proceso se enfatiza el estudio de las dos variables principales, desarrollando las medidas numéricas para expresar la relación entre las mismas. ¿Existe alguna relación entre el desarrollo urbano sustentable y el cambio climático en las ciudades? ¿La relación es fuerte o débil, es directa o inversa?. Desarrollando, además, una ecuación para expresar la relación entre las variables. Esto permitirá determinar una variable con base en otra. Para

definir lo anterior, se establece el procedimiento que se presenta en la **Figura 75**. Esto es, una vez integradas las bases de datos definidas en el apartado anterior, se procede a su descripción estadística, resumiendo, presentando y analizando cada grupo de datos. El paso siguiente consiste en identificar la relación que existe entre las variables: lineal, no lineal o sin relación alguna; en los dos primeros casos se puede obtener un modelo matemático de regresión lineal y no lineal, respectivamente. Finalmente, se procederá a probar la hipótesis, con ello se toma una decisión y se obtienen conclusiones.

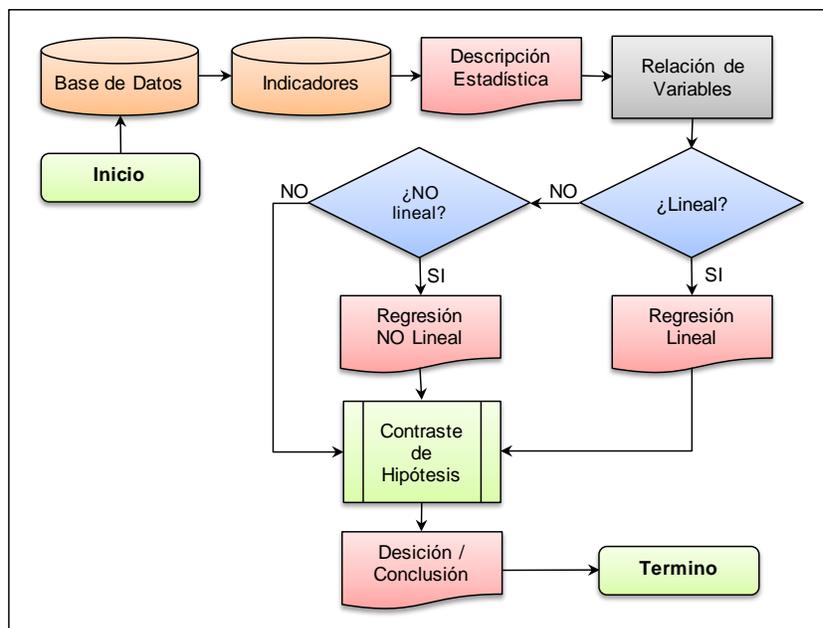


Figura 75 | Procedimiento para la Prueba de Hipótesis

Fuente: El autor.

B.13.1. Análisis de correlación

El **análisis de correlación** es el estudio de la relación entre las variables, es un grupo de técnicas para medir la asociación entre dos o más variables (Lind, Mason, & Marchal, 2001). En este caso se enfatiza el análisis de la relación entre las variables definidas en el apartado B.3, donde se señala como **variable dependiente** el **Desarrollo Urbano Sustentable** y como **variable independiente** el **Cambio Climático**. Así, para obtener simultáneamente,

conclusiones acerca de dos o más factores se establece un **estudio factorial** (Tabla 19); siguiendo además, el procedimiento que se describe a continuación.

Tabla 19 | Matriz: Relación entre Indicadores y entre Índices

		Cambio Climático										Desarrollo Sustentable															
		Indicadores de CC					Índices del CC					Indicadores del D ^s				Índices del D ^s											
		CO ₂	E	P	T	eL	CH ₄	i _{CO2}	i _E	i _P	i _T	i _{eL}	i _{CF}	DH	cA	cP	dP	dR	hM	i _{DH}	i _{cA}	i _{cP}	i _{dP}	i _{dR}	i _{hM}		
Cambio Climático	Indicadores de CC	CO ₂																									
		E																									
		P																									
		T																									
		eL																									
	CH ₄																										
Desarrollo Sustentable	Indicadores de D ^s	i _{CO2}																									
		i _E																									
		i _P																									
		i _T																									
		i _{eL}																									
		i _{CF}																									
	Índices de D ^s	DH																									
		cA																									
		cP																									
		dP																									
		dR																									
		hM																									
		i _{DH}																									
i _{cA}																											
i _{cP}																											
i _{dP}																											
i _{dR}																											
i _{hM}																											

Fuente: El autor.

B.13.1.1. Correlación gráfica

Analizando sólo dos variables el **diagrama de dispersión**, ilustra gráficamente la relación entre las dos variables de manera preliminar (Spiegel, Lindstrom, & Hademenos, 2000). Un diagrama de dispersión es una técnica gráfica empleada para mostrar la relación entre dos variables, siendo una gráfica de puntos, donde una variable queda en una escala a lo largo del eje horizontal (eje X) de la gráfica y la otra, a lo largo del eje vertical (eje Y).

Las posibles tipos de relaciones que presenten las variables percibidas de modo cualitativo en el diagrama de dispersión (**Figura 76**) son:

- Relación lineal entre variables: pendiente positiva (+), pendiente negativa (-), pendiente nula (0) o pendiente indefinida (i).
- Relación no lineal entre variables: polinómica, logarítmica, exponencial, etc.
- Sin relación entre variables.

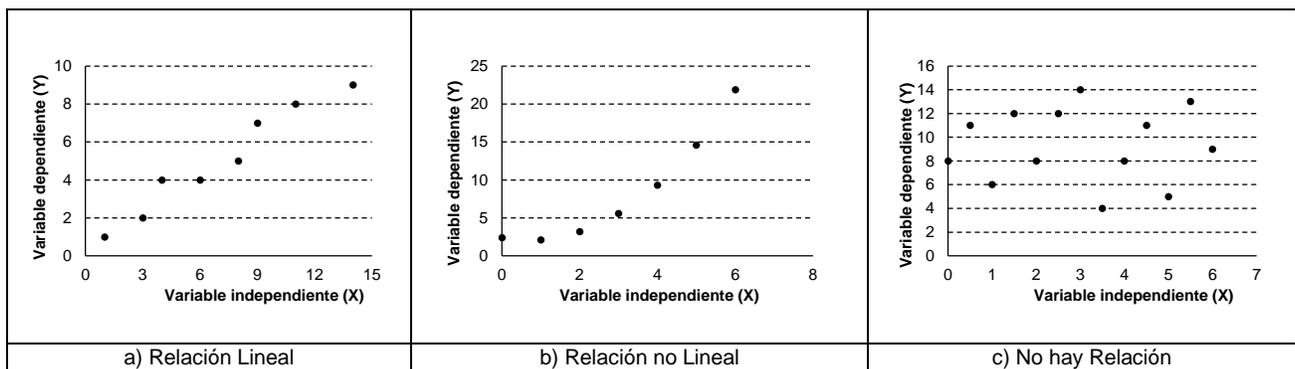


Figura 76 | Ejemplos de posibles Relaciones entre dos Variables, según el Diagrama de Dispersión

Fuente: El autor.

Al realizar un examen de relación múltiple (tres o más variables), quizá un análisis gráfico simultáneo resulte innecesario, ya que la representación debería emplear al menos un sistema tridimensional, perdiéndose o dificultándose identificar el tipo de relación existente entre las variables.

B.13.1.2. Correlación analítica

A. Relación lineal entre variables

De manera analítica el **coeficiente de correlación** lineal describe la fuerza de la relación entre dos grupos de variables en escala de intervalo o de razón⁴⁹. El coeficiente de correlación lineal se representa con la letra r y a menudo se conoce como r de Pearson. Puede asumir cualquier valor de -1.00 a $+1.00$, inclusive. La **Figura 77**, muestra la fuerza y dirección del **coeficiente de correlación lineal de Pearson** (Ecuación 47), sin embargo, respecto a la fuerza de relación los términos débil, moderado y fuerte no tienen un significado preciso. Se puede calcular el valor del coeficiente r con la siguiente fórmula (ITESM, 1996):

Ecuación 47 | Coeficiente de Correlación Lineal de Pearson

$$r = \frac{S_{(xy)}}{\sqrt{S_{(xx)}S_{(yy)}}}$$

Donde

$$S_{(xx)} = \sum X_i^2 - \frac{(\sum X_i)^2}{n}$$

$$S_{(yy)} = \sum Y_i^2 - \frac{(\sum Y_i)^2}{n}$$

$$S_{(xy)} = \sum X_i Y_i - \frac{(\sum X_i)(\sum Y_i)}{n}$$

n : Número de parejas de datos

$S_{(xy)}$ se llama covarianza

⁴⁹ Los datos se pueden clasificar de acuerdo con los niveles de medición. Para el "**nivel nominal**" de medición, las mediciones de una variable cualitativa sólo se pueden clasificar y contar. El siguiente nivel más alto es el "**nivel ordinal**" en este los datos se clasifican, se cuentan y se ordenan. El siguiente nivel es el "**nivel de intervalo**" incluye todas las características del nivel ordinal, pero además, la diferencia entre los valores es una diferencia constante. El nivel más alto de medición: "**nivel de razón**", tiene todas las características del nivel de intervalo, pero además, el punto cero es significativo y la razón entre dos números también es significativa.

Un valor negativo del coeficiente ($-r$) indica una relación entre variables **inversamente proporcional**; es decir, al aumentar la variable X, disminuye la variable Y o viceversa. Un coeficiente positivo ($+r$) indica una relación entre variables **directamente proporcional**; significa que si aumenta el valor de una variable, aumenta la otra variable o si disminuye una variable, la otra también disminuye (Budnick, 2003).

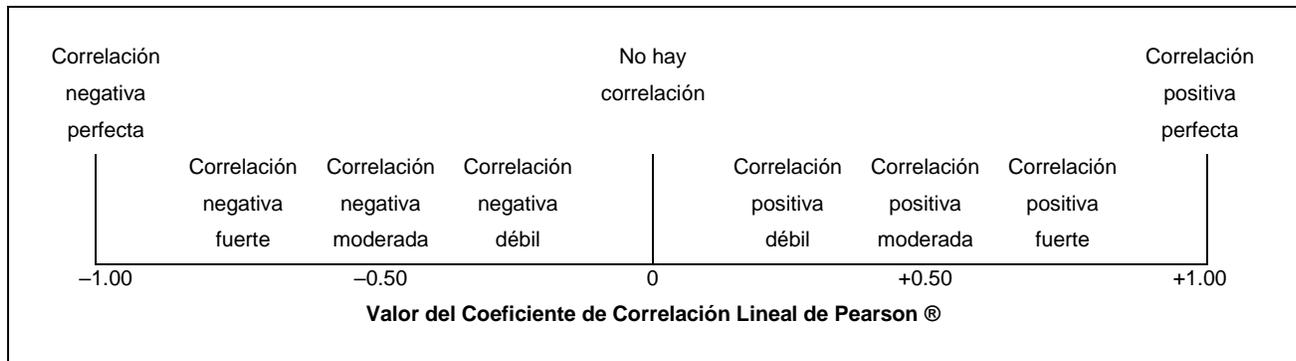


Figura 77 | Fuerza y Dirección del Coeficiente de Correlación Lineal de Pearson

Fuente: Tomado de Lind, Marchal, & Wathen (2005).

Coeficiente de determinación (r^2).

Una medida que tiene un significado que se interpreta con mayor facilidad es el **coeficiente de determinación**. Éste se calcula elevando al cuadrado el coeficiente de correlación (r^2).

El coeficiente de determinación es el porcentaje de la variación total de la variable dependiente que se explica o contabiliza por la variación en la variable independiente. Cabe advertir que una relación fuerte entre dos variables indica que existe una relación o asociación entre dos variables, no que un cambio en una causa la otra (Lind, Marchal, & Wathen, 2005).

B. Relación no lineal entre variables

Al definir la relación no lineal entre las variables, se empleará el coeficiente R^2 que corresponde al coeficiente de determinación no lineal; así el tipo de relación entre las variables será la que presente el valor más alto para R^2 ; prefiriéndose cuando los

valores resulten significativamente iguales la relación más simple para facilitar la regresión o proyección de la variable dependiente.

B.13.1.3. Análisis de regresión

En este punto se desarrolla un modelo matemático para expresar la relación entre dos variables y estimar el valor de la variable dependiente, basándonos en el valor de la variable independiente.

A la técnica que se usa para desarrollar las ecuaciones de relación y hacer estas predicciones se le llama **análisis de regresión** (Lind, Mason, & Marchal, 2001).

A. Ecuación lineal de regresión

A la ecuación de la línea que se usa para estimar la variable dependiente basándose en la independiente se le llama **ecuación de regresión lineal**.

Para determinar la ecuación de regresión se emplea el **método de mínimos cuadrados**, el cual determina una ecuación de regresión minimizando la suma de los cuadrados de la distancia vertical entre el valor real de Y y el valor predictorio de Y. La Ecuación 48 representa la forma general de la ecuación lineal de regresión.

Ecuación 48 | Línea de Regresión

$$Y' = a + bX$$

Donde

Y': valor predictorio de la variable Y para un valor X seleccionado.

A: intersección de la línea recta con el eje Y.

b: pendiente de la línea recta, o el cambio promedio en Y' por cada cambio en una unidad (ya sea aumentando o disminuyendo) de la variable independiente X.

X: valor que se elige para la variable independiente.

A los valores a y b de la ecuación de regresión se les conoce como coeficientes de regresión, determinándose con la **Ecuación 49** y la **Ecuación 50**.

Ecuación 49 | Pendiente de la Línea Recta de Regresión Lineal

$$b = \frac{n(\sum XY) - (\sum X)(\sum Y)}{n(\sum X^2) - (\sum X)^2}$$

Ecuación 50 | Intersección de la Línea Recta de Regresión con el Eje Y

$$a = \frac{\sum Y}{n} - b \frac{\sum X}{n}$$

Para lo cual:

X: valor de la variable independiente.

Y: valor de la variable dependiente.

N: número de elementos en la muestra.

B. Ecuaciones no lineales de regresión

La ecuación no lineal usada para estimar la variable dependiente basándose en la independiente se le llama ecuación no lineal de regresión.

Para determinar la ecuación no lineal de regresión se emplea el **Método de Mínimos Cuadrados**, el cual determina una ecuación de regresión minimizando la suma de los cuadrados de la distancia vertical entre el valor real de Y y el valor predictorio de Y.

Algunos tipos de ecuaciones no lineales de regresión que se pueden determinar son las que aparecen en la **Tabla 20**.

Tabla 20 | Ecuaciones no Lineales de Regresión

Tipo	Forma General de la Ecuación
Polinómica de 2° grado (parábola)	$Y = a_0 + a_1X + a_2X^2$
Polinómica de 3 ^{er} grado	$Y = a_0 + a_1X + a_2X^2 + a_3X^3$
Polinómica de grado n	$Y = a_0 + a_1X + a_2X^2 + \dots + a_nX^n$
Exponencial	$Y = ab^X$
Logarítmica	$\log Y = [\log(a)] + [b][\log(X)]$
Potencial	$Y = Ax^{[1/b]}$

Fuente: El autor.

La mejor ecuación de regresión es aquella con el coeficiente de determinación (R^2) más alto; prefiriéndose cuando los valores resulten significativamente iguales la ecuación más simple para facilitar la regresión o proyección de la variable dependiente.

Por ejemplo al definir una ecuación de regresión para una muestra de datos como la que se muestra en la **Figura 78** inciso a; pueden determinarse regresión no lineales, obteniéndose para cada una de ellas el coeficiente R^2 , tal como se muestra en esta misma figura. En este caso, la mejor regresión obtenida es la potencial con $R^2=0.9624$ inciso f. En el caso de las ecuaciones polinomiales, si aumenta su grado posiblemente aumente el valor de R^2 ; sin embargo al realizar la regresión, se requiere mayor aproximación de los coeficientes de cada término.

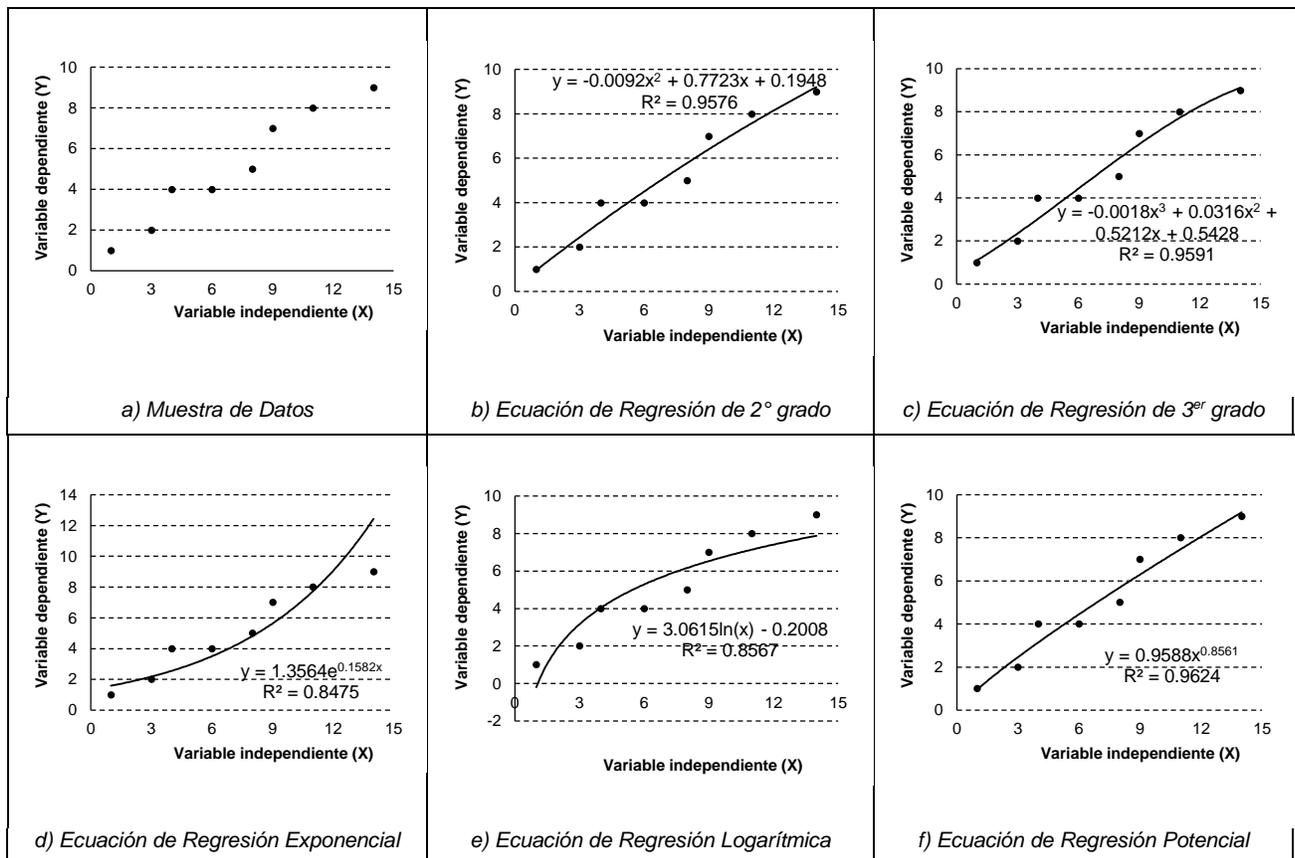


Figura 78 | Ejemplos de Posibles Ecuaciones no Lineales de Regresión para una Muestra de Datos
Fuente: El autor.

B.13.2. Contrastación de hipótesis de investigación

Las hipótesis de investigación constituyen un instrumento, que permite relacionar la teoría con la observación de hechos y datos de la zona de estudio y su relación ambiental. Un primer paso en la prueba de cada hipótesis, es establecer de forma estadística la **hipótesis nula** y la **hipótesis alternativa**. La hipótesis nula la afirmación acerca del valor de un parámetro de la población. En este estudio, las **hipótesis de investigación** son las **hipótesis alternativas** definidas en cada caso, cada una de éstas corresponde a la afirmación que se acepta si y sólo si los datos de la muestra proporcionan suficiente evidencia que la hipótesis nula es falsa.

Después de establecer en forma estadística las hipótesis, el segundo paso es establecer el nivel de significancia. El nivel de significancia o nivel de riesgo (α), es la probabilidad de rechazar la hipótesis nula cuando es verdadera.⁵⁰ Al probar una hipótesis podemos cometer dos tipos de errores: a) Error tipo I, rechazar la hipótesis nula, H_0 , cuando es verdadera; b) Error tipo II, aceptar la hipótesis nula cuando es falsa.

A menudo nos referimos a la probabilidad de estos dos errores posibles como α y β . α es la probabilidad de cometer un error tipo I y β es la probabilidad de cometer un error tipo II. La **Tabla 21** resume las decisiones que el investigador podría tomar y sus posibles consecuencias.

Tabla 21 | Decisiones y Tipo de Errores al Probar una Hipótesis

Hipótesis Nula	Investigador	
	Acepta H_0	Rechaza H_0
H_0 es verdadera	Decisión correcta	Error tipo I
H_0 es falsa	Error tipo II	Decisión correcta

Continuando con el proceso de contraste, el paso 3 consiste en seleccionar el **estadístico de prueba**, éste se determina a partir de la información de la muestra y se utiliza

⁵⁰ No hay algún nivel de significación que se aplique a todas las pruebas, en la presente investigación el nivel seleccionado es del 5%.

para determinar si se rechaza o no la hipótesis nula (Lind, Marchal, & Wathen, 2005). Para que en el paso 4 se establezca la regla de decisión que es una afirmación de las condiciones específicas en la que la hipótesis nula se rechaza y aquellas en la que se acepta.

El quinto y último paso en la prueba de hipótesis, consiste en calcular el estadístico de prueba, compararlo con el valor crítico y tomar la decisión de rechazar o no la hipótesis nula.

Procedimiento para la prueba de la hipótesis A de investigación

Como se mencionó en el Capítulo I, se espera que durante el periodo 2000–2015, el desarrollo urbano sustentable de las ciudades en Oaxaca haya disminuido a consecuencia de la manifestación del cambio climático y la reducción en la dotación de agua para las actividades humanas. Al determinar el valor del coeficiente de correlación de Pearson para las variables de estudio, puede indicarse cierto tipo de asociación entre ambas variables. Sin embargo, en la muestra sólo se incluyeron 16 años de estudio. ¿Es posible que la correlación en la población sea realmente 0? En otras palabras, ¿la correlación calculada (r) proviene de la población de observaciones por pares con correlación cero? Para éste contraste se sigue el procedimiento descrito a continuación.

1. Establecer la hipótesis nula e hipótesis alternativa.

- Hipótesis nula o efecto cero (H_0):
 $H_0: \rho \geq 0$ Y la correlación en la población (ρ) de las variables cambio climático (I_{CC}) y desarrollo urbano sustentable (I_{DUS}) es cero o positiva; es decir, existe relación cero o directamente proporcional entre las variables analizadas.
- Hipótesis alternativa o de investigación (H_A):
 $H_A: \rho < 0$ Y la correlación en la población (ρ) de las variables cambio climático (I_{CC}) y desarrollo urbano sustentable (I_{DUS}) es menor a cero; es decir, el desarrollo urbano sustentable disminuye a consecuencia de la manifestación del cambio climático.

Por la forma en que se expresa la hipótesis alternativa, **la prueba de hipótesis es de tipo unilateral** negativa.

2. Definir el nivel de significancia (α).

Los niveles de significación o las probabilidades de rechazar la hipótesis nula que se consideran en la prueba son 1% y 5%.

3. Seleccionar el estadístico de prueba (t_m).

Al tratarse de una **muestra pequeña**⁵¹ de tamaño $n=16$, se emplea la teoría de muestras pequeñas o teoría del muestreo exacto, particularmente la distribución t de Student; así, el estadístico que prueba para la correlación lo define la **Ecuación 51**.

Ecuación 51 | Estadístico de Prueba en Correlación: t Student

$$t_m = \frac{r\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r^2}}$$

Dónde:

t_m : Estadístico de prueba t Student

r : Coeficiente de correlación lineal

n : Tamaño de la muestra

4. Formular la regla de decisión.

Con $v = n - 2$ grados de libertad, se tiene $v = 16 - 2 = 14$ grados de libertad. De acuerdo con la distribución t de Student y contraste unilateral (Lind, Mason, & Marchal, 2001) se obtienen como valores críticos -2.624 y -1.761 , para los niveles de significación de 0.01 y 0.05, respectivamente.

Por lo tanto, **la regla de decisión** se enuncia de la siguiente manera: si el estadístico de prueba t_m es mayor a -2.624 o a -1.761 ($-2.624 < t_m$ o $-1.761 < t_m$), según corresponda, la hipótesis nula se acepta; en caso contrario, rechazamos la hipótesis nula.

5. Tomar una decisión

⁵¹ Se considera como muestra pequeña aquella que contiene menos de 30 observaciones ($n < 30$).

Aceptamos la hipótesis de investigación (H_A) si la hipótesis nula (H_0) se rechaza; entonces, EXISTE CORRELACIÓN entre las variables del desarrollo urbano sustentable y de cambio climático.

Rechazamos la hipótesis A de investigación (H_A) si la hipótesis nula (H_0) es aceptada; entonces, NO EXISTE CORRELACIÓN entre las variables del desarrollo urbano sustentable y de cambio climático; por tanto se trata de una serie estacional.

Procedimiento para la prueba de la hipótesis B de investigación

En la hipótesis B se establece que de las 14 ciudades seleccionadas, se espera que en Oaxaca las zonas metropolitanas estén ocasionando la mayor contribución al cambio climático, porque emiten la mayor cantidad de gases de efecto invernadero, generan la mayor cantidad de desechos sólidos y demandan más recursos naturales. En esta prueba se evalúa la diferencia de parámetros de dos poblaciones estadísticas, cuyos valores corresponden a medias aritméticas; así, el proceso a seguir considera 5 pasos:

1. Establecer la hipótesis nula e hipótesis alternativa.

- Hipótesis Nula o efecto cero (H_0):

$H_0: \mu_{pCC_{ZM}} = \mu_{pCC_{Cd}}$ Y en Oaxaca, no existe diferencia en la contribución al cambio climático entre las zonas metropolitanas y las ciudades con población mayor a 15 000 habitantes.

- Hipótesis Alternativa o de Investigación (H_B):

$H_B: \mu_{pCC_{ZM}} > \mu_{pCC_{Cd}}$ Y en Oaxaca, las zonas metropolitanas ocasionan la mayor contribución al cambio climático que el resto de ciudades con más de 15000 habitantes.

Por la forma que expresa la hipótesis alternativa, **la prueba de hipótesis es de tipo unilateral** positiva.

2. Nivel de significancia (α).

Como probabilidades para rechazar la hipótesis nula se consideran el 1% y el 5% ($\alpha=0.01$ y $\alpha=0.05$).

3. Seleccionar el estadístico de prueba (t_m).

Al tratarse de **muestras pequeñas**, se emplea la teoría de muestras pequeñas o teoría del muestreo exacto, particularmente la distribución t de Student; así, el estadístico para la prueba de diferencia de medias queda definido con la **Ecuación 52**.

Ecuación 52 | Estadístico de Prueba en la diferencia de Medias: t Student

$$t_m = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sigma_p \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}}$$

Donde:

t_m : Estadístico de prueba t Student

\bar{X}_1 : Media de la primer muestra

\bar{X}_2 : Media de la segunda muestra

σ_p : Desviación estándar combinada (**Ecuación 53**)

n_1 : Número de observaciones en la primer muestra

n_2 : Número de observaciones en la segunda muestra

Ecuación 53 | Desviación Estándar Combinada para el Estadístico t de Student

$$\sigma_p = \sqrt{\frac{n_1 s_1^2 + n_2 s_2^2}{n_1 + n_2 - 2}}$$

Donde:

σ_p : Desviación estándar combinada

s_1^2 : Varianza de la primer muestra

s_2^2 : Varianza de la segunda muestra

4. Formular la regla de decisión.

Con $v = n_1 + n_2 - 2$ grados de libertad, se tiene $v = 16 + 16 - 2 = 30$ grados de libertad. Por otra parte, de acuerdo con la distribución t de Student (Lind, Mason, & Marchal, 2001) para niveles de significación 0.01 y 0.05 se obtienen valores de +2.457 y +1.697 para **contraste unilateral**, contraste definido por la hipótesis B.

Por lo tanto, **la regla de decisión** se enuncia de la siguiente forma: si el estadístico de prueba t_m es menor a +2.457 o a +1.697 ($t_m < +2.457$ o $t_m < +1.697$), según corresponda, la hipótesis nula se acepta; en caso contrario, rechazamos la hipótesis nula.

5. Tomar una decisión.

Aceptamos la hipótesis de investigación (H_B) si la hipótesis nula (H_0) se rechaza; entonces, en Oaxaca las zonas metropolitanas ocasionan la mayor contribución al cambio climático que el resto de ciudades con más de 15000 habitantes analizadas.

Rechazamos la hipótesis de investigación (H_B) si la hipótesis nula (H_0) es aceptada; entonces, en Oaxaca no existe diferencia en la contribución al cambio climático entre sus zonas metropolitanas y las ciudades con población mayor a 15 000 habitantes.

Procedimiento para la prueba de la hipótesis C de investigación

La hipótesis C plantea un comportamiento y manifestación inestable del cambio climático mayor a 5% para las ciudades en Oaxaca; esto, debido a las altas variaciones en precipitación pluvial que se traducen en impactos hidrometeorológicos; variaciones térmicas que afectan el bienestar social y a una mínima respuesta urbana al cambio climático. En esta prueba se evalúa como parámetro la desviación típica, estableciendo como valor límite el 5% para su contraste y el proceso a seguir considera los 5 pasos que a continuación se detallan.

1. Establecimiento de la hipótesis nula e hipótesis alternativa.

- Hipótesis Nula o efecto cero (H_0):

$H_0: \sigma_{ICC} = 0.05$ Y en las ciudades en Oaxaca, la variación del cambio climático se mantiene en valor hasta del 5%.

- Hipótesis Alternativa o de Investigación (H_c):

$H_C: \sigma_{ICC} > 0.05$ Y en Oaxaca, la variación en la presión ambiental urbana, el estado de cambio climático y respuesta urbana al mismo supera el 5%.

Por la forma que expresa la hipótesis alternativa, **la prueba de hipótesis es de tipo unilateral** positiva.

2. Nivel de significancia (α).

Los niveles de significación o la probabilidad de rechazar la hipótesis nula consideradas en esta prueba son de 1% y 5%; es decir, $\alpha=0.01$ y $\alpha=0.05$.

3. Seleccionar el estadístico de prueba (χ^2).

Al tratarse de una **muestra pequeña**, se emplea la teoría del muestreo exacto, particularmente la distribución ji cuadrado (χ^2); así, el estadístico para la prueba de variación queda definido con la **Ecuación 54**.

Ecuación 54 | Estadístico de prueba para la Discrepancia: ji cuadrado

$$\chi_m^2 = \frac{ns^2}{\sigma^2}$$

Dónde:

- χ_m^2 : Estadístico de prueba ji cuadrado
- n : Número de observaciones en la muestra
- s^2 : Varianza muestral
- σ^2 : Varianza paramétrica

4. Formular la regla de decisión.

Con $v = n - 1$ grados de libertad, se tiene $v = 16 - 1 = 15$ grados de libertad. Para niveles de significación α de 0.01 y 0.05 al tratarse de un **contraste unilateral** se obtienen valores críticos de +30.6 y 25.0, esto de acuerdo con la distribución de ji cuadrado.

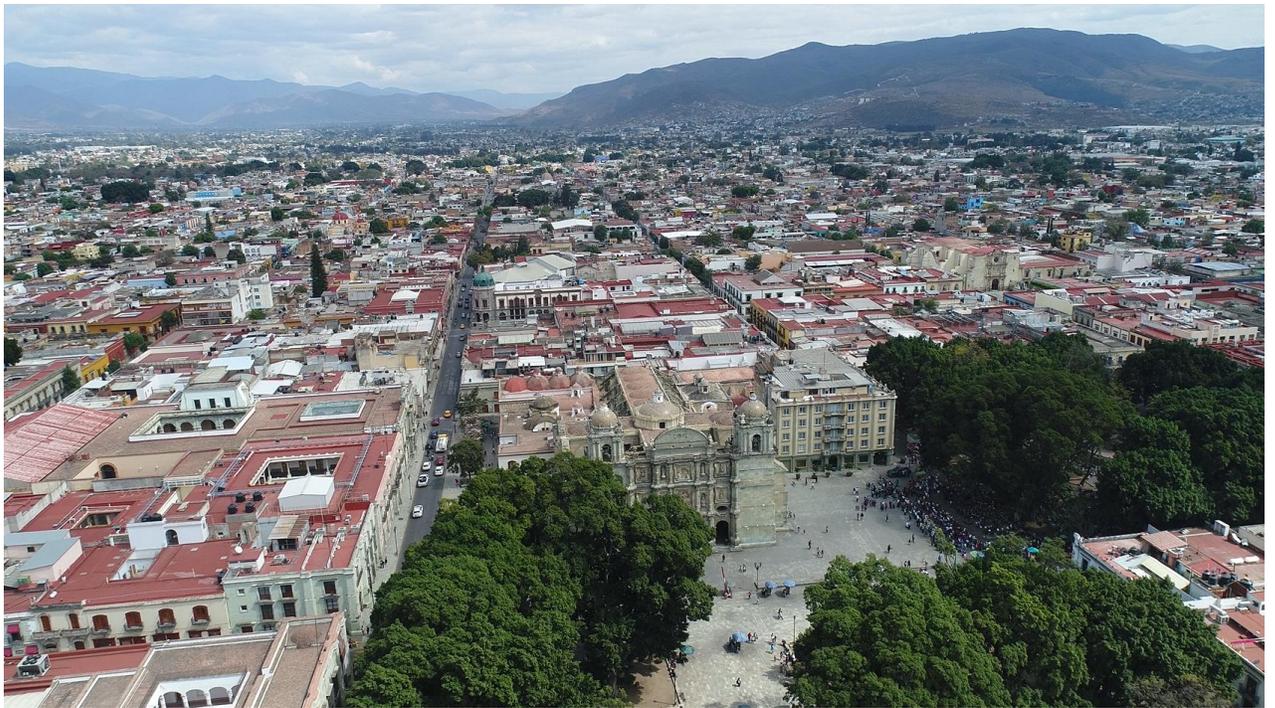
Por lo tanto, **la regla de decisión** se enuncia de la siguiente forma: si el estadístico de prueba χ^2 es menor a +30.6 o a +25.0, la hipótesis nula se acepta ($\chi_m^2 < 30.6$ o $\chi_m^2 < 25.0$); en caso contrario, rechazamos la hipótesis nula.

5. Tomar una decisión.

Aceptamos la hipótesis de investigación (Hc) si la hipótesis nula (H₀) se rechaza; entonces en Oaxaca, la variación en la presión ambiental urbana, el estado de cambio climático y respuesta urbana al mismo supera el 5%.

Rechazamos la hipótesis de investigación (Hc) si la hipótesis nula (H₀) es aceptada; entonces, en las ciudades de Oaxaca, la variación del cambio climático se mantiene en un valor menor del 5%.

BIBLIOGRAFÍA



Centro Histórico de Oaxaca, Oaxaca, febrero, 2018

BIBLIOGRAFÍA

- Aguiar, G. (1995). *México ante Cambio Climático. Segundo Taller de Estudio de País, México*. México: SEMARNAP-UNAM-US Country Studies.
- Alvarez, L. R. (1997). *Geografía General del Estado de Oaxaca* (Tercera ed.). Oaxaca, México: Carteles Editores - P. G. O. S.A. de C. V.
- Alzate Gómez, J. Á. (2009). *Capital Social, Descentralización y Modernización del Estado. "Propuesta de Desarrollo Agroindustrial: Proyecto Central de Panela, como Producto Derivado de la Caña de Azúcar"*. Hawaii: Atlantic International University Honolulu, Hawaii.
- Anderson, D. R., Sweeney, D. J., & Thomas, W. A. (2008). *Estadística para Administración y Economía*. México, D.F.: Cengage Learning Editores, S. A.
- Andrade Vallejo, M. A., Márquez Martínez, E., & Martínez Díaz, E. (2008). *Estrategias de Comercialización de los Bonos de Carbono en el Mercado Internacional, bajo el Mecanismo de Desarrollo Limpio (Caso México)*. México, D. F.: Instituto Politecnico Nacional.
- Auliciems, A., & Szokolay, S. V. (2007). *Thermal Comfort. Passive and Low Energy Architecture International. Design Tools and Techniques*.
- Ayllón, T. (2013). *Elementos de Meteorología y Climatología*. México, D. F.: Trillas.
- Badilla Alán, H. (24 de Diciembre de 2009). *Para comprender el Concepto de Resiliencia*. Recuperado el 25 de Mayo de 2013, de <http://www.ts.ucr.ac.cr>
- Baker, J. L. (2012). *Climate Change, Disaster Risk, and the Urban Poor: Cities Building Resilience for a Changing World*. Washinton, DC: World Bank.
- Bates, B. C., Z, W. K., S, W., & J, P. P. (2008). *Climate Change and Water*. Technical Paper of the Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC Secretariat, Geneva.
- BM. (2012). *The Social Dimensions of Climate Change in Mexico. June 7th, Sustainable Development Sector Management Unit Latin American and the Caribbean Region*.
- Bourne, L. S. (1975). *Urban Systems. Strategies for Regulation. A Comparision of Police Britain, Sweden, Australia And Canada, Cleareden Press, Oxford*.
- Brookfield, H. (1975). *Interdependent Development, London: Methuen*.
- Brown, S. (2003). *Finalización de Líneas Base de Proyecto para la Deforestación Evitada*. Arlington: Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional e Instituto Nacional de Ecología.
- Budnick, F. S. (2003). *Matemáticas Aplicadas para Administración, Economía y Ciencias Sociales*. (Tercera ed.). Naucalpan de Juárez, Estado de México: Mc Graw-Hill/Interamericana de México, S. A. de C. V.

- Caicedo Cuervo, C. J. (2008). *Políticas e Instituciones para el Desarrollo Económico Territorial en América Latina y el Caribe. El Caso de Colombia*. Santiago de Chile: Naciones Unidas.
- Calderon Vázquez, F. J. (2008). *Thinking on Development: Enfoques Teóricos y Paradigmas del Desarrollo*. Francisco José Calderon Vázquez.
- Camagni, R. (2005). *Economía Urbana*. Barcelona: Antoni Bosh, editor, S. A.
- Camargo Bravo, A., & García Cueto, R. O. (2012). Evaluación de dos Modelos de Reducción de Escala en la Generación de Escenarios de Cambio Climático en el Valle de Mexicali en México. *Información Tecnológica*. Vol. 23. No 3 - 2012, 11-20.
- Cárdenas, M. J. (2010). *México ante el Cambio Climático. Evidencias, Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación*. México, D. F.: Greenpeace.
- Castro Martínez, P. V., Escoria Mateu, T., Oltra Puigdomenech, J., Otero Vidal, M., & Sanahuja Yll, E. (1 de Agosto de 2003). *¿Qué es una Ciudad? Aportaciones para su Definición desde la Prehistoria*. Recuperado el 18 de Junio de 2013, de Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales: [http://www.ub.es/geocrit/sn/sn-146\(010\)htm](http://www.ub.es/geocrit/sn/sn-146(010)htm)
- CATHALAC. (2008). *Síntesis Regional: Fomento de las Capacidades para la Etapa II de Adaptación al Cambio Climático en Centroamérica, México y Cuba*. Panamá: Centro del Agua del Trópico Húmedo para América Latina y el Caribe.
- CEPAL. (2010a). *Estudio Económico de América Latina y el Caribe. Impacto Distributivo de las Políticas Públicas*. Santiago de Chile: Naciones Unidas.
- CEPAL. (2010b). *La Hora de la Igualdad. Brechas por Cerrar, Caminos por Abrir. Trigésimo Tercer Período de Sesiones de la CEPAL. Brasilia, 30 de mayo a 1 de junio 2010*. Santiago de Chile: Naciones Unidas.
- CEPAL. (2010c). *La Inversión Extranjera Directa en América Latina y el Caribe*. Santiago de Chile: Naciones Unidas.
- CEPAL. (2010d). *Anuario Estadístico de América Latina y el Caribe*. Santiago de Chile: Naciones Unidas.
- CEPAL. (2011a). *Balance Preliminar de las Economías de América Latina y el Caribe. Edición 2010*. Santiago de Chile: Naciones Unidas.
- CEPAL. (2011b). *Estudio Económico de América Latina y el Caribe. Modalidades de Inserción Externa y Desafíos de Política Macroeconómica en una Economía Mundial Turbulenta*. Santiago de Chile: Naciones Unidas.
- CEPAL. (2011c). *La Inversión Extranjera Directa en América Latina y el Caribe*. Santiago de Chile: Naciones Unidas.
- CEPAL. (2012a). *Desarrollo Regional en América Latina: el Lugar Importa. Memoria del Seminario Internacional, realizado en Santiago los días 19, 20 y 21 de Octubre de 2010, por el Área de Gestión Local y Regional*. Santiago de Chile: Naciones Unidas.

- CEPAL. (2012b). *Estudio Económico de América Latina y el Caribe. Las Políticas ante las Adversidades de la Economía Internacional*. Santiago de Chile: Naciones Unidas.
- CEPAL. (2012c). *Cambio Estructural para la Igualdad. Una Visión Integrada del Desarrollo. Trigésimo Cuarto Período de Sesiones de la CEPAL: San Salvador 27-31 Agosto*. Santiago de Chile: Naciones Unidas.
- CEPAL. (2012d). *Anuario Estadístico de América Latina y el Caribe*. Santiago de Chile: Naciones Unidas.
- CEPAL/SEGIB. (2011). *Espacios Iberoamericanos. Hacia una nueva Arquitectura del Estado para el Desarrollo*. Santiago de Chile: Naciones Unidas.
- Chavez Medina, W. P. (2008). *Desarrollo Equitativo y Sustentable en Centroamérica; Propuesta de una Estrategia Regional Integral*. Oaxaca de Juárez, Oaxaca, México: Secretaría de Educación Pública. Sistema Nacional de Educación Superior Tecnológica. Dirección General de Educación Superior y Tecnológica. Instituto Tecnológico de Oaxaca. División de Estudios de Posgrado e Investigación.
- CICC. (2009). *Programa Especial de Cambio Climático. Versión de consulta pública, abril de 2009, p. 22*. Comisión Intersecretarial de Cambio Climático.
- CIEDD. (2012). *5 de Junio Día Mundial del Medio Ambiente*. Oaxaca: Gobierno del Estado de Oaxaca. Centro de Información Estadística y Documental para el Desarrollo.
- CIEDD. (2013). *Reporte Acumulado de Sismos, Incendios y Fenómenos Hidrometeorológicos. Enero - Septiembre 2013*. Oaxaca de Juárez: Centro de Información Estadística y Documental para el Desarrollo.
- CIEP. (2012). *Centro de Investigaciones Económicas y Presupuestarias. El Cambio Demográfico en México*. Centro de Investigaciones Económicas y Presupuestarias A. C.
- CMMAD. (1988). *Nuestro Futuro Común*. Madrid: Alianza Editorial.
- CONAGUA. (2009a). *Estadísticas del Agua de la Región Hidrológica-Administrativa XIII, Aguas del Valle de México. Edición 2009*. Tlalpan, México, D. F.: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- CONAGUA. (2011a). *Base de Datos de Ciclones Tropicales que afectaron a México durante el periodo de 1970-2011*. México.: Comisión Nacional del Agua. Coordinación General del Servicio Meteorológico Nacional. Subgerencia de Pronóstico Meteorológico.
- CONAGUA. (23 de Octubre de 2012b). *Base de Datos de la Climatología Histórica de la Ciudad de Oaxaca de Juárez*. Organismo de Cuenca Pacífico Sur / Dirección Técnica. Oaxaca, Oaxaca, México.
- CONAGUA. (2014a). *Base de Datos: Fuentes de Abastecimiento y Volumen promedio Diario de Extracción de Agua*. Oaxaca: CONAGUA, Organismo de Cuenca Pacífico Sur. Dirección de Agua Potable, Drenaje y Saneamiento.
- CONAGUA-SMN. (2014a). *Climatología Histórica*. Recuperado el 23 de Agosto de 2015, de sitio web CNA: <http://smn.cna.gob.mx/climatologia/Diarios>

- CONAPO. (2014a). *Índice de Marginación por Localidad 2010 con base en el Censo de Población y Vivienda 2010 del INEGI*. México: Consejo Nacional de Población.
- Conde, C. (2007). *México y el Cambio Climático Global*. México, D. F.: UNAM - SEMARNAT.
- Contreras, E. (2009). *Manuales. Evaluación de Inversiones Bajo Incertidumbre: Teoría y Aplicaciones a Proyectos en Chile*. Santiago de Chile: Naciones Unidas.
- CONUEE. (8-9 de Marzo de 2010). *Eco.Vehículos. Portal de Indicadores de Eficiencia Energética y Emisiones Vehiculares. Taller: Medidas de Mitigación del Cambio Climático*. Recuperado el 30 de Noviembre de 2013, de sitio web de CONUEE. PROFECO:
http://www.ecovehiculos.gob.mx/referencias2.php?referencia_id=163
- Cortés Padilla, M. T. (2012). *Metodología de la Investigación*. México, D. F.: Editorial Trillas, S. A. de C. V.
- Cuervo G, L. M. (2012). *Ética Territorial. Ética y Política Económica. Discusión de sus Relaciones Fundamentales a la Luz de las Políticas de Desarrollo Territorial*. Santiago de Chile: Naciones Unidas.
- Cuervo, L. M. (2012). *Gestión Pública. Prospectiva Económica: Una Primera Aproximación al Estado del Arte*. Santiago de Chile: Naciones Unidas.
- Díaz, L. (23 de Enero de 2012). *Normas Oficiales Mexicanas*. Recuperado el 20 de Mayo de 2012, de Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía:
http://www.conuee.gob.mx/wb/CONAE/CONA_22_normas_oficiales_mex
- Diener, E., Suh, E. M., Luca, R. E., & L, H. (1999). *Boletín Psicológico, 1999, volumen 125, pp.321-301*. Recuperado el 23 de Mayo de 2013, de Universidad de Illinois en Urbana-Champaign.:
<http://www.fun-humanismo-ciencia.es/felicidad/empresa/empresa6.htm>
- DOF. (2010b). *Acuerdo por el que se modifican las Reglas de Operación del Programa de Coinversión Social, para el Ejercicio 2011*. México: DOF: 31 de diciembre de 2010.
- DOF. (2012a). *Diario Oficial de la Federación. Ley General de Cambio Climático*. Recuperado el 22 de Agosto de 2012, de sitio web de la Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión:
<http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LgCC.pdf>
- DOF. (2012b). *Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio. 7 de septiembre de 2012*. México: Diario Oficial de la Federación.
- Dumanski, J., S, G., & C, P. (1998). *Indicators of Land Quality and Sustainable Land Management*. Washington D. C.: The World Bank.
- ECLAC. (2010). *Latin America and The Caribbean in the World Economy. A Crisis Generated in the Centre and Recovery driven by the Emerging Economies*. Santiago, Chile: United Nations.
- Edwards, B. (2008). *Guía Básica de la Sostenibilidad*. Naucalpan, México: Editorial Gustavo Gili, SL.
- Elster, J. (1992). *Local Justice: How Institutions Allocate Scarce Goods and Necessary Burdens*, New York: Rusell Foundation.

- Emanuel, K. A. (1991). The theory of hurricanes. *Annual Review of Fluid Mechanisms* 23, 179-196.
- EPICA. (2004). *Eight Glacial Cycles from an Antarctic ice core*. EPICA Community Members.
- Estrada, A. (25 de Abril de 2012). *Que es CONUEE*. Recuperado el 20 de Mayo de 2012, de Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía: http://www.conuee.gob.mx/wb/CONAE/Que_es_conae
- Fernández Bremauntz, A., & Martínez Fernández, J. (2003). *Presentación: Taller Sobre Mejoras a los Estimados de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero para el Sector Uso del Suelo, Cambio de Uso de Suelo y Silvicultura*. México: INE/SEMARNAT. Dirección Genetral de Investigación sobre la Contaminación Urbana, Regional y Global.
- Fernández, A. (2006). *Presentación a Medios de Comunicación del Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (INEGEI)*. México: INE-SEMARNAT.
- Ferreiro, H., Fuentes, V. A., García, J. R., Gutierrez, S., Hernández, M., Lacomba, R., y otros. (1991). *Manual de Arquitectura Solar*. México, D. F.: Editorial Trillas S.A. de C. V.
- Galindo, L. M., & Aroche, F. (2000). *Cambio Climático y Fundamentos Económicos. El caso México*. México: Instituto Nacional de Ecología/Banco Mundial.
- García Canclini, N. (1999). *La Globalización Imaginada*. México: Paidós.
- García, E. (1988). *Modificaciones al Sistema de Clasificación de Köppen (Para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana)* (Cuarta ed.). México: Offset Larios.
- García, E., & Trejo, I. (1994). La Presencia del Monzón en el Noroeste de México. *Investigaciones Geográficas. Boletín del Instituto de Geografía* 28, 33-64.
- García, E., & Trejo, I. (1998). Áreas de Influencia de los Ciclones Tropicales en México. *Memoria VIII Congreso de la Organización de Meteorólogos*. Veracruz, 123-126.
- GIZ. (2012). *Mecanismos Financieros para la Adaptación al Cambio Climático. Nota Técnica 1 del Proyecto Seguros para la Adaptación al Cambio Climático*. Perú: Cooperación Alemana al Desarrollo-Agencia de la GIZ.
- Gobierno de Oaxaca. (2012a). *Estadísticas de Vehículos de Motor Registrados en Circulación: Secretaría de Finanzas del Gobierno del Estado*. Oaxaca: Gobierno del Estado de Oaxaca.
- Gobierno de Oaxaca. (2012b). *Volumen de Residuos Sólidos Urbanos*. Oaxaca: Instituto Estatal de Ecología y Desarrollo Sustentable. Dirección de Protección del Medio Ambiente; Departamento de Manejo Integral de Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial.
- Gobierno de Oaxaca. (2013a). *Estadísticas de Vehículos de Motor Registrados en Circulación: Secretaría de Finanzas del Gobierno del Estado*. Oaxaca: Gobierno del Estado de Oaxaca.
- Gobierno de Oaxaca. (2014). *Sistema de Información Municipal. Gobierno del estado de Oaxaca. Centro de Información Estadística y Documental para el Desarrollo*. Recuperado el 25 de Mayo de 2014, de Gobierno del Estado de Oaxaca: <http://www.sim.oaxaca.gob.mx/>
- Gobierno Federal. (2012). *Green Solutions. Ciudades Resilientes a los Desastres*. México: Gobierno Federal.

- Godschalk, D. R. (2004). Land Use Planning Challenges: Coping with Conflicts in Vision of Sustainable Development and Livable Communities. *Journal of the American Planning Association. American Planning Association. Winter 2004, Issue 1.*
- González Licón, H. J. (s.f.). Vivienda de Tierra de la Ciénega de Zacapu Michoacán, México. Morelia, Michoacán, México: Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
- González, D. (2009). *Gestión Pública. La Política Heterodoxa en los Países de América Latina*. Santiago de Chile: Naciones Unidas.
- Goodall, B. (1977). *La Economía de las Zonas Urbanas. Traducción de Joaquín Hernández Orozco*. Madrid: Instituto de Estudios de Administración Local, Madrid.
- Graizbord, B. (2004). *A propósito de Katrina y de Stan: ¿desastres naturales o cambio climático?* México: Boletín editorial 117, El colegio de México.
- Graizbord, B., & León, C. (2002). *Cambios Regionales en la Geografía Mexicana. El siglo XX Mexicano, Gran Historia de México Ilustrada*. México.
- Hall, M., Guerrero, G., & Mansera, O. (2003). *Apendice 2: Modelación de Líneas Base de Deforestación utilizando GEOMOD para las Regiones de Calakmul y Meseta Purépecha en México*. México.
- Hartman, D. L. (1994). *Global Physical Climatology*. San Diego: Academic Press.
- Hasternrath, S. (1991). *Climate Dynamics of the Tropics*. Dordrecht: Kluwer Academic Press.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. d. (2010). *Metodología de la Investigación*. México, D. F.: McGraw-Hill / Interamericana Editores, S. A. de C. V.
- Herrera, B. (2003). *Presentación y Dinámica Territorial*. México: Universidad Autónoma de Chapingo.
- Hewitt, R., & Gary, R. (1999). *ISO 14001 EMS. Manual de Sistema de Gestión Medioambiental*. Madrid, España: Thomsom Editores Spain Paraninfo S. A.
- Hidalgo Capitán, A. L. (1998). *El Pensamiento Económico sobre Desarrollo. De los Mercantilistas al PNUD*. Huelva, España: Universidad de Huelva.
- Hughell, D. (2003). *Presentación de la Evaluación de los datos del Índice de Carbono: Resultados a la Fecha*. México: INE/USAID.
- IEEPO. (5 de Noviembre de 2012). Base de Datos Instituto Estatal de Educación Pública de Oaxaca. Coordinación General de Planeación Educativa; Dirección de Programación y Pre-supuesto; Departamento de Estadística. Oaxaca de Juárez, Oaxaca, México.
- INE. (1999a). *Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero con Cifras de 1990*. México: SEMARNAP.
- INE. (2000a). *Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero 1994-1998*. México: Instituto Nacional de Ecología / Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

- INE. (2000b). *El Cambio Climático en México. Información por Estado y Sector. Oaxaca*. Recuperado el 12 de Octubre de 2012, de Instituto Nacional de Ecología:
http://www2.ine.gob.mx/cclimatico/edo_sector/estados/futuro_oaxaca.html
- INE. (2005a). *Inicio. Líneas de Investigación. Base de Datos de la Investigación Científica y Tecnológica en Materia de Cambio Climático en México, 2005*. Recuperado el 17 de Enero de 2013, de sitio web del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático:
<http://www.ine.gob.mx/descargas/cclimatico/invine2005.xls>
- INE. (2006a). *México Tercera Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. México, D. F.: Instituto Nacional de Ecología (INE-SEMARNAT).
- INE. (2008a). *Inicio. Líneas de Investigación. Base de Datos: Potencial de la Investigación Científica y Tecnológica en Materia de Cambio Climático en México, 2008*. Recuperado el 17 de Enero de 2013, de sitio web del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático:
http://www.ine.gob.mx/descargas/cclimatico/directorio_cc_2008.xls
- INECC. (24 de Agosto de 2009a). *Inicio. Líneas de Investigación. Programa Piloto de Mejora Ambiental de la Delegación de Tlalpan*. Recuperado el 30 de Enero de 2013, de sitio web del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático: <http://www.ine.gob.mx/cpcc-lineas/602-cpcc-piloto>
- INECC. (24 de Agosto de 2009b). *Inicio. Líneas de Investigación. Informe Ejecutivo del Estudio de Migación*. Recuperado el 30 de Enero de 2013, de sitio Web del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático: <http://www.ine.gob.mx/cpcc-lineas/601-cpcc-mitigacion>
- INECC. (24 de Agosto de 2009c). *Inicio. Líneas de Investigación. Utilización de Pronósticos Climáticos en Actividades Agrícolas en Tlaxcala*. Recuperado el 30 de Enero de 2013, de sitio web del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático: <http://www.ine.gob.mx/cpcc-lineas/600-cpcc-tlaxcala>
- INECC. (24 de Agosto de 2009d). *Inicio: Líneas de Investigación. Estudios para la Estimación de las Líneas Base*. Recuperado el 30 de Enero de 2013, de sitio web del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático: <http://www.ine.gob.mx/cpcc-lineas/605-cpcc-lineas-base>
- INECC. (24 de Agosto de 2009e). *Inicio. Líneas de Investigación. Proyectos de Implementación Conjunta*. Recuperado el 30 de enero de 2013, de sitio web del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático: <http://www.ine.gob.mx/cpcc-lineas/603-cpcc-ic-index>
- INECC. (24 de Agosto de 2009f). *Inicio. Líneas de Investigación. Análisis de Tecnologías para Mitigar Emisiones de Gases de Efecto Invernadero*. Recuperado el 30 de Enero de 2013, de sitio web del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático: <http://www.ine.gob.mx/cpcc-lineas/599-cpcc-tecno-mitigacion>
- INECC. (25 de Agosto de 2009g). *Inicio: Líneas de Investigación. México y la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático*. Recuperado el 17 de Enero de 2013, de sitio web del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático: <http://www.ine.gob.mx/cpcc-lineas/595-cpcc-conv-marco>
- INECC. (12 de Agosto de 2010a). *Inicio: La Ciencia del Cambio Climático*. Recuperado el 17 de Enero de 2013, de sitio Web del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático.:
<http://www.ine.gob.mx/cpcc-ciencia>

- INECC. (12 de Agosto de 2010b). *Inicio: Líneas de Investigación. Estudios sobre Cobeneficios*. Recuperado el 30 de Enero de 2013, de sitio web del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático: <http://www.ine.gov.mx/cpcc-lineas/508-cpcc-cobeneficios>
- INECC. (12 de Agosto de 2010c). *Inicio: Líneas de Investigación. Taller- Adaptación al Cambio Climático en Hermosillo, Sonora: Un Estudio de Caso*. Recuperado el 30 de Enero de 2013, de sitio web del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático: <http://www.ine.gov.mx/cpcc-lineas/504-cpcc-taller-sonora>
- INECC. (10 de Enero de 2011a). *Inicio. Líneas de Investigación. Inventario de Emisiones de Gases Efecto Invernadero*. Recuperado el 17 de Enero de 2013, de sitio web del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático: <http://www.ine.gov.mx/cpcc-lineas/597-cpcc-inventario>
- INECC. (30 de Noviembre de 2012a). *Inicio. Líneas de Investigación. Comunicaciones Nacionales*. Recuperado el 17 de Enero de 2013, de sitio web del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático: <http://www.ine.gov.mx/cpcc-lineas/596-cpcc-comnal>
- INECC. (2 de Mayo de 2012b). *Inicio: Líneas de Investigación*. Recuperado el 17 de Enero de 2013, de sitio web del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático: <http://www.ine.gov.mx/cpcc-lineas>
- INEGI - INE. (2000). *Indicadores de Desarrollo Sustentable*. Aguascalientes, Aguascalientes, México: Instituto Nacional de estadística, Geografía e Informática.
- INEGI. (1984). *X Censo General de Población y Vivienda, 1980*. México: Intituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática.
- INEGI. (1990a). *Censo General de Población y Vivienda 1990: Principales resultados por localidad de Sistema de Integración Territorial, ITER 1990*. Recuperado el 27 de Septiembre de 2012, de INEGI: http://www.inegi.org.mx/sistemas/consulta_resultados/iter1990.aspx?c=27439&s=est
- INEGI. (1995a). *Conteo de Población y Vivienda 1995: Principales resultados por localidad (Sistema de Integración Territorial, ITER 1995)*. Recuperado el 27 de Septiembre de 2012, de INEGI: http://www.inegi.org.mx/sistemas/consulta_resultados/iter1995.aspx?c=27438&s=est
- INEGI. (2000a). *Censo General de Población y Vivienda 2000: Principales resultados por localidad (Sistema de Integración Territorial, ITER 2000)*. Recuperado el 27 de Septiembre de 2012, de INEGI: http://www.inegi.org.mx/sistemas/consulta_resultados/iter2000.aspx?c=27437&s=est
- INEGI. (2005a). *II Conteo de Población y Vivienda 2005: Principales resultados por localidad. Sistema de Integración Territorial (ITER 2005)*. Recuperado el 17 de Septiembre de 2012, de INEGI: http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/ccpv/cpv2005/Pub_Y_Prod/default.aspx?t=16632
- INEGI. (2005b). *Marco Geoestadístico Nacional. Productos y Servicios. Localidades-Archivo Histórico-Consulta*. Recuperado el 14 de Marzo de 2013, de INEGI: http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/geoestadistica/consulta_localidades.aspx
- INEGI. (2011). *Anuario Estadístico de Oaxaca. Sistema para la Consulta del Anuario Estadístico de Oaxaca 2011*. Recuperado el 8 de Enero de 2013, de INEGI: <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/espanol/sistemas/aee11/estatal/oax/default.htm>

- INEGI. (9 de Marzo de 2011a). *Censo de Población y Vivienda 2010. Tabulados del Cuestionario Básico*. Recuperado el 17 de Septiembre de 2012, de INEGI:
<http://www3.inegi.org.mx/sistemas/TabuladosBasicos/Default.aspx?c=27302&s=est>
- INEGI. (9 de Marzo de 2011b). *Censo de Población y Vivienda 2010. Tabulados Básicos. Población total por municipio, sexo y grupos quinquenales de edad según tamaño de localidad*. Recuperado el 15 de Noviembre de 2012, de INEGI:
<http://www3.inegi.org.mx/sistemas/TabuladosBasicos/Default.aspx?c=27302&s=est>
- INEGI. (2013a). *Marco Geoestadístico Nacional*. Recuperado el 29 de Mayo de 2014, de sitio web del INEGI:
http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/geoestadistica/m_geoestadistico.aspx
- INEGI-INE. (2000). *Indicadores de Desarrollo Sustentable en México*. Aguascalientes, Ags.: INEGI.
- IPCC. (2001). *Tercer Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático*.
- IPCC. (2006). *Directrices del IPCC de 2006 para los Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero*. Francia: IGES, Japón.
- IPCC. (2007). *Cuarto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático*. Ginebra, Suiza: IPCC.
- IPCC. (2007a). *Cambio Climático 2007. Informe de Síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático*. Ginebra, Suiza: Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático.
- ISDR. (2009). *Terminología sobre Reducción del Riesgo de Desastres*. Ginebra, Suiza: Naciones Unidas.
- ITESM. (1996). *La Ruta de la Calidad y las Siete Herramientas Básicas*. Monterrey, N. L.: Instituto Tecnológico de Monterrey. Campus Monterrey. División de Graduados e Investigación. Centro de Calidad.
- ITO. (2012a). *Relación de Tesis de Posgrado*. Oaxaca de Juárez, Oaxaca, México.: Secretaría de Educación Pública. Subsecretaría de Educación Superior. Dirección General de Educación Superior Tecnológica. Institutos Tecnológicos. Instituto Tecnológico de Oaxaca. División de Estudios de Posgrado e Investigación.
- ITO. (2013a). *Líneas de Generación y/o Aplicación del Conocimiento*. Recuperado el 16 de Mayo de 2013, de sitio web del Instituto Tecnológico de Oaxaca:
<http://www.itoaxaca.edu.mx/posgrado/index.php/doctorado-en-ciencias-en-desarrollo-regional-y-tecnologico/lineas-de-generacion>
- Jáuregui, E. (2005). *Possible Impacts of Urbanization on the Thermal Climate of Some Large Cities in Mexico*. *Am sfera*.
- Jáuregui, O. E. (2000). *El clima de la ciudad de México*. Mexico D.F.: Plaza y Valdés editores.
- Kuhn, L. S. (1978). *La estructura de las revoluciones científicas*. México: FCE.

- Lacomba, R. (2004). *La Ciudad Sustentable: Creación y Rehabilitación de Ciudades Sustentables*. México: Editorial Trillas S. A. de C. V.
- Landavazo Gracia, O. (2004). *Presentación: Propuesta de Adaptación al Problema de Disponibilidad de Agua ante el Cambio Climático; Cosecha y Recarga de Agua en Eventos de Precipitación Extrema y Control Productivo de Inundación (CPI) para Aplicar en Municipios Serranos de Sonora*. Hermosillo: Universidad de Sonora.
- Lind, D. A., Marchal, W. G., & Wathen, S. A. (2005). *Estadística Aplicada a los Negocios y a la Economía*. México, D. F.: McGraw-Hill/Interamericana Editores S. A. de C. V.
- Lind, D. A., Mason, R. D., & Marchal, W. G. (2001). *Estadística para Administración y Economía*. México, D. F.: McGraw-Hill/Interamericana Editores S. A. de C. V.
- Liverman, D. (1995). *Climate Change impacts and vulnerability in México. 1995. In SEMARNAP-UNAM-US Country Studies. México ante el cambio climático. Segundo Taller de Estudio de País. México*. México: SEMARNAP-UNAM-US Country Studies.
- López López, V. M. (2008a). *Sustentabilidad y Desarrollo Sustentable. Origen precisiones conceptuales y metodología operativa*. México: Editorial Trillas, S. A. de C. V.
- López López, V. M. (2009a). *Cambio Climático Calentamiento Global. Ciencia, Evidencias, Consecuencias y Propuestas*. México: Editorial Trillas, S. A. de C. V.:
- López Villanueva, M. A. (2002). *Propuesta Integral de Calidad en el Departamento de Seguimiento a Establecimientos Grandes y de Empresas, en el Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática*. Oaxaca de Juárez, Oaxaca.: Instituto Tecnológico de Oaxaca.
- Lucas, A. (1992). El debate sobre los campesinos y el capitalismo en México. *Revista de Comercio Exterior, Bancomext, Vol. 32, No. 4, abril, México*.
- Luthi et al. (2008). *High-Resolution Carbon Dioxide Concentration Record 650,000-800,000 Years Before Present*.
- Magaña, V. O., & Gay García, C. (2004). *Vulnerabilidad y Adaptación Regional ante el Cambio Climático y sus Impactos Ambiental, Social y Económicos*. México, D.F.: UNAM.
- Martín, F. R. (2009). *Manuales. La Economía de los Ingresos Tributarios. Un Manual de Estimaciones Tributarias*. Santiago de Chile: Naciones Unidas.
- Martínez, J., Romero, M., Lagarda, N., & Aguilar, J. (2004). *Presentación: Diseño y Materiales de Construcción de Viviendas: Adaptaciones ante el Fenómeno de Cambio Climático*. Hermosillo: Universidad de Sonora.
- Martínez, L. J. (2011). *Eso que llaman comunalidad*. México: Fundación Harp-Helú.
- Marzoli, W. A. (2003). *Apendice 3: Modelación de Líneas Base de Deforestación utilizando el Modelo de Cambio de Área Forestal para las Regiones de Calakmul y Meseta Purépecha en México*. México: Winrock International.

- Masera, O. (2003). *Presentación Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero por Bosques y Cambio de Uso del Suelo: Omar Masera*. México: Laboratorio de Bioenergía, Departamento de Ecología de los Recursos Naturales, Instituto de Ecología, UNAM.
- Mathus Robles, M. A. (2010). *Pobreza, Crecimiento Económico y Distribución del Ingreso en el Estado de Oaxaca: 1990-2000*. Oaxaca de Juárez, Oaxaca, México: Secretaría de Educación Pública. Dirección General de Institutos Tecnológicos. Instituto Tecnológico de Oaxaca. División de Estudios de Posgrado e Investigación.
- McKinley, G., Zuk, M., Hojer, M., Avalos, M., González, I., Hernández, M., y otros. (2003). *The Local Benefits of Global Air Pollution Control in Mexico City. Final Report of the Second Phase of the Integrated Environmental Strategies Program in Mexico*. México: Instituto Nacional de Ecología, México. Instituto Nacional de Salud Pública, México.
- Melamud, A. D. (2010). *Gestión Pública. Reglas Fiscales en Argentina: el Caso de la Ley de Responsabilidad Fiscal y los Programas de Asistencia Financiera*. Santiago de Chile: Naciones Unidas.
- Miguel Velasco, A. E. (2012). *El Desarrollo Sustentable y el Cambio Climático en las Regiones de México: el caso del Sur-sureste, periodo 2000-2010*. Oaxaca, Oax.: Secretaría de Educación Pública. Subsecretaría de Educación Superior. Dirección General de Educación Superior Tecnológica. Institutos Tecnológicos. Instituto Tecnológico de Oaxaca.
- Miguel, A. E. (2004). *Ciencia Regional. Principios de Economía y Desarrollo*. . Oaxaca, Oax.: Instituto Tecnológico de Oaxaca.
- Miguel, A. E., Maldonado Cruz, P., & Torres Váldez, J. C. (2007). Desigualdad del Desarrollo Regional en México. *Problemas del Desarrollo. Revista Latinoamericana de Economía. Número 151. Volúmen 38. Octubre-diciembre*.
- Miguel, A. E., Torres, J. C., Maldonado, P., & Solís J, N. (Julio de 2011a). *Revista Académica "Contribuciones a la Economía"*. Recuperado el 6 de Marzo de 2013, de sitio web de eumed.net: <http://www.eumed.net/ce/2011b/mtmj.htm>
- Miguel, A. E., Torres, J. C., Maldonado, P., & Solís, N. (2011b). *La Teoría de la Complejidad y el Caos en la Ciencia Regional*. Oaxaca, México: División de estudios de Posgrado e Investigación. Instituto Tecnológico de Oaxaca.
- Moreno Vázquez, J. L. (2004). *Adaptación al Cambio Climático: Un Programa de Cultura del Agua en Hermosillo, Sonora*. México, D. F.: UNAM.
- Mosiño, P. A., & García, E. (1974). *The Climates of Mexico*. En R. A. Bryson y EK. (eds.) *The Climates of North America. World Survey of Climatology*. Amsterdam: Elsevier.
- Mugica Alvarez, V. (2008). *Actualización del Padrón de Expertos e Instituciones Científicas y Técnicas en Materia de Variabilidad y Cambio Climático en México*. México, D. F.: INE/SEMARNAT, Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco.
- Música Alvarez, V. (2008). *Actualización del Padrón de Expertos e Instituciones Científicas y Técnicas en Materia de Varibilidad y Cambio Climático en México*. México: UAM-INE-SEMARNAT.

- Muñoz, C., & Reyes, P. (2009). *Políticas e Instituciones para el Desarrollo Económico Territorial: El Caso de Bolivia*. Santiago de Chile: Naciones Unidas.
- Naredo, J. M. (30 de Junio de 1997). *Documentos>La Construcción de la Ciudad Sostenible>*. Recuperado el 25 de Mayo de 2013, de Ciudades para un Futuro más Sostenible: <http://habitat.aq.upm.es/cs/p2/a004.html>
- Naser, A., & Concha, G. (2011). *Gestión Pública. El Gobierno Electrónico en la Gestión Pública*. Santiago de Chile: Naciones Unidas.
- Noss, R. F. (1990). *Indicators for Monitoring Biodiversity: A Hierarchical Approach. Conservation Biology 4*.
- OECD. (1993). *Organization for Economic Cooperation and Development core set of Indicators Environmental Performance Reviews*. París: Environment Monographs.
- ONU. (2012a). *Cómo Desarrollar Ciudades más Resilientes. Un Manual para Líderes de los Gobiernos Locales. Una Contribución a la Campaña Mundial 2010-2015. Desarrollando Ciudades Resilientes- ¡Mi Ciudad se está Preparando!* Ginebra: Naciones Unidas.
- ONU-Habitat. (2011a). *Informe Mundial sobre Asentamientos Humanos 2011. Las Ciudades y el Cambio Climático: Orientaciones para Políticas. Programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos*. Río de Janeiro, Brasil: Acerto.
- ONU-HABITAT. (2011b). *Estado de las Ciudades de México: 2011*. México: Gobierno Federal | Secretaría de Desarrollo Social.
- Ordaz, M., & Zeballos, A. (2007). *Información para la Gestión de Riesgo de Desastres. Estudio de Caso de Cinco Países*. México: BID-CEPAL.
- Osnaya, P. (2004). *Cambio Climático: una visión desde México*. México: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) e Instituto Nacional de Ecología.
- Pacheco, J. F., & Contreras, E. (2008). *Manuales. Manual Metodológico de Evaluación Multicriterio para Programas y Proyectos*. Santiago de Chile: Naciones Unidas.
- Palacios Blanco, J. L. (2011). *La Casa Ecológica: Cómo Construirla*. México, D. F.: Editorial Trillas S. A. de C. V.
- Paul, R. (2004). *El Fin del Petroleo*. Barcelona: Ediciones B.
- Perdomo Mejía, C. (1988). Variaciones Climáticas. Avenidas e Inundaciones. *Revista de Obras Públicas.*, 779-788.
- Perroux, F. (1955). Note sur la Notion de Pole de Croissance. *Economie Applique, No. 1-2*, Anexo, junio, Isea, Paris.
- Planética.org. (2014). *Directorio de Productos Ecológicos, Información sobre Ecología, cuidado y protección del Medio Ambiente*. Recuperado el 27 de Agosto de 2014, de Planética.org: <http://www.planetica.org/ahorrar-energia-y-dioxido-de-carbono-en-casa>

- PNUD. (2006). *Informe sobre Desarrollo Humano 2006. Más allá de la escasez: Poder, pobreza y la crisis mundial del agua*. México: PNUD.
- PNUD. (2012a). *El Índice de Desarrollo Humano en México: Cambios Metodológicos e Información para las Entidades Federativas*. México: Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo.
- PNUD México. (2014a). *Índices de Desarrollo Humano: 2000, 2005 y 2010. Cálculos de la Oficina de Investigación en Desarrollo Humano (OIDH)*. México: PNUD México.
- Presidencia de la República. (2012). *inicio.sexto informe*. Recuperado el 5 de Septiembre de 2012, de sitio de la Presidencia de la República: <http://sexto.informe.calderon.presidencia.gob.mx/>
- PROFEPA. (2012). *Denuncias Ambientales*. Oaxaca: PROFEPA, Delegación en el Estado de Oaxaca. Subdelegación Jurídica. Departamento de Denuncias Ambientales, Quejas y Participación Social.
- Puppo, E., & Puppo, G. A. (1979). *Acondicionamiento Natural y Arquitectura. Ecología en Arquitectura*. Barcelona, España: Talleres Gráficos Iberoamericanos, S. A.
- Quinteño, G., & Vega, L. (2008). *Políticas e Instituciones para el Desarrollo Económico Territorial. El Caso de El Salvador*. Santiago de Chile: Naciones Unidas.
- Ramos Poutou, J., & Porras Serrano, J. (Septiembre de 2006). *Repositorio Digital Institucional. El Índice de Desarrollo Humano y la Metodología para su Determinación*. Recuperado el 24 de Noviembre de 2013, de sitio web del Instituto Politécnico Nacional: <http://www.repositoriodigital.ipn.mx/handle/123456789/15537>
- Rey Martínez, F. J., & Velasco Gomez, E. (2006). *Eficiencia Energética en Edificios. Certificación y Auditorías Energéticas*. Madrid, España.: Thomson Editores Spain.
- Reyes, G. E. (2001). *Teoría de la Globalización: Bases Fundamentales. Nómadas, Núm. 3, enero-junio, 2001*. Madrid España: Universidad Complutense de Madrid España.
- Robinson, P. J., & Henderson-Sellers, A. (1999). *Contemporary Climatology*. Edimburgo: Pearson Educational Limited.
- Roemer, J. (2008). The ethics of distribution in a warming planet. Colegio de México.
- Rojas Orozco, C. (2003). *El Desarrollo Sustentable: Nuevo Paradigma para la Administración Pública*. D. F. México: Instituto Nacional de Administración Pública, A. C.
- Romero Hernández, O., & Romero Hernández, S. (2006). *Inventario de la Investigación Científica y Tecnológica en Materia de Cambio Climático en México, 2005*. México: PNUD, SEMARNAT e INE.
- Ruano, M., & Sanmiguel, S. (2010). *Un Vitruvio Ecológico. Principios y Práctica del Proyecto Arquitectónico Sostenible*. Barcelona: Editorial Gustavo Gili.
- Rufián Lizana, D. M. (2009). *Políticas e Instituciones para el Desarrollo Económico Territorial. El Caso de Chile*. Santiago de Chile: Naciones Unidas.
- Ruiz Noriega, F. (2003). *Apendice 1: Modelación de Líneas Base de Deforestación utilizando LUCS para las Regiones de la Meseta Purépecha y Calakmul en México*. México: Winrock International.

- Santamarta Flórez, J. (2007). Cambio Climático: ¿La Hora de la Verdad? *World Watch*, 32-41.
- Santiago Luis, L. M. (2012). *Análisis del comportamiento del Recurso Hídrico, a través de Consumo Doméstico de Agua, en el Desarrollo Sustentable de las Regiones de Oaxaca durante el periodo 2000-2005*. Oaxaca de Juárez, Oaxaca, México.: SEP. DGIT. Instituto Tecnológico de Oaxaca. División de Estudios de Posgrado e Investigación.
- Sarmiento M, P. (2007). *Energía Solar en Arquitectura y Construcción*. Santiago de Chile: Masters Ril.
- Secretaría de Energía. Comisión Nacional para el Ahorro de Energía. (25 de Abril de 2001). NORMA Oficial Mexicana NOM-008-ENER-2001, Eficiencia Energética en Edificaciones, Envoltorio de Edificios no Residenciales. *Diario Oficial*, págs. 59-100.
- SEDESOL. (2012a). *Estrategia Concurrente de Ordenamiento Ecológico y Ordenamiento Territorial para Incorporar Criterios de Adaptación de los Sistemas Humanos y Ecológicos ante el Cambio Climático*. México: SEDESOL.
- SEDESOL-CONAPO-INEGI. (2004). *Delimitación de las Zonas Metropolitanas de México*. México: Secretaría de Desarrollo Social, Consejo Nacional de Población e Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática.
- SEDESOL-CONAPO-INEGI. (2012). *Delimitación de las Zonas Metropolitanas de México 2010*. México: Secretaría de Desarrollo Social, Consejo Nacional de Población e Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
- SEDESOL-INEGI-CONAPO. (Noviembre de 2007). *Delimitación de Zonas Metropolitanas 2005*. Recuperado el 5 de Mayo de 2012, de sitio Web INEGI: <http://www.inegi.org.mx/sistemas/biblioteca/detalle.aspx?c=16632&upc=702825001537&s=est&tg=0&f=2&cl=0&pf=Pob&ef=0>
- SEGOB. (2012a). *Tríptico: Cambio Climático*. México: Secretaría de Gobernación. Coordinación General de Protección Civil. Centro Nacional de Prevención de Desastres. Dirección General de Protección Civil. Dirección General del Fondo de Desastres Naturales.
- SEMARNAP. (1997a). *México Primera Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. Tlalapan, D. F.: Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca.
- SEMARNAT. (2000a). *Inicio. Líneas de Investigación. Segunda Comunicación Nacional de México ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. Recuperado el 8 de Mayo de 2013, de INECC: <http://www.ine.gob.mx/cpcc-lineas/635-cpcc-comnal-2>
- SEMARNAT. (20 de Octubre de 2004a). NOM-083-SEMARNAT-2003: Especificaciones de Protección Ambiental para la Selección del Sitio, Diseño, Construcción, Operación, Monitoreo, Clausura y Obras Complementarias de un Sitio de Disposición Final de Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial. *Diario Oficial. Primera Sección*, págs. 1-16.
- SEMARNAT. (2006a). *México Tercera Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. México, D. F.: INE-SEMARNAT.

- SEMARNAT. (2009a). *México Cuarta Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. Delagación Tlalpan, México, D. F.: Instituto Nacional de Ecología (INE-SEMARNAT).
- SEMARNAT. (2009b). *Caracterización y Diagnóstico para el Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT)*. México, D. F.: SEMARNAT, INE, UNAM.
- SEMARNAT. (2009c). *Cambio Climático. Ciencia, Evidencias y Acciones. Serie ¿Y el Medio Ambiente?* México, D. F.: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- SEMARNAT. (2012a). *Quinta Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático* (Primera ed.). México, D.F.: Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- SEMARNAT-UNAM. (2007). *Proyecto: Fomento de las Capacidades para la Etapa II de Adaptación al Cambio Climático en Centro América, México y Cuba*. México: PNUD, CATHALAC, INE, CCA-UNAM y GEF.
- Sheinbaum Pardo, C. (2000). *Apoyo a la Oficina Nacional de Mitigación de Gases Efecto Invernadero. Metodología para la Elaboración del Inventario asociado al Consumo de Energía en México*. México: Instituto Nacional de Ecología.
- Silva Lira, I., & Sandoval, C. (2012). *Manuales. Metodología para la Elaboración de Estrategias de Desarrollo Local*. Santiago de Chile: Naciones Unidas.
- SMA-GDF. (2012). *Programa de Acción Climática de la Ciudad de México 2008-2012*. México: Secretaría de Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal.
- SMN. (2012a). *Climatología. Temperaturas Mensuales por Entidad Federativa (1971 a la fecha)*. Recuperado el 11 de Octubre de 2012, de Servicio Meteorológico Nacional. México.: http://smn.conagua.gob.mx/index.php?option=com_content&view=arti
- Spiegel, M. R., Lindstrom, D. P., & Hademenos, G. J. (2000). *Estadística*. México, D. F.: Mc Graw-Hill Interamericana Editores, S. A. de C. V.
- Stratus Consulting, Inc., UNAM y el Colegio de Sonora. (2004a). *Adaptación al Cambio Climático: Hermosillo, Sonora, un Caso de Estudio*. Hermosillo: Instituto Nacional de Ecología, Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales y United States Environmental Protection Agency.
- Trasviña, A., Barton, E. D., Brown, J., Vélez, H. S., Kosro, M., & Smith, R. L. (1995). Offshore wind forcing in the Gulf of Tehuantepec, Mexico The asymmetric circulation. *Journal of Geophysical Research Oceans* 100, 694-663.
- UNAM. (2000a). *Programa Universitario de Energía, UNAM: Segunda Operación de Calidad para la ZMV; Uso Masivo de la Energía Solar en Sustitución de Combustibles Fósiles en la ZMVM; Sectores Residencial, Hotelero, Hospitalario y de Baños Públicos*. México: Universidad Autónoma de México.
- UNAM. (2000b). *El Estado de Oaxaca. Sus Cambios Territoriales*. México: Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México.

- UNAM. (2004a). *Presentación: Proyecto Adaptación al Cambio Climático en Hermosillo, Sonora*. Hermosillo: Stratus Consulting, USEPA, INE, UNAM, El Colegio de Sonora.
- UNAM. (2004b). *Biodiversidad de Oaxaca*. México, D. F.: UNAM (Instituto de Biología) - Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza - World Wildlife Fund.
- UNAM. (2004b). *Biodiversidad de Oaxaca*. México, D. F.: UNAM - Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza - World Wildlife Fund.
- UNAM. (5 de Enero de 2009). Sociedad y Justicia. *La Jronada*, pág. 34.
- UNFCCC. (2005). *Guía de la Convención Marco sobre el Cambio Climático y el Protocolo de Kyoto*. Bonn, Alemania: Secretaria de la Convención Marco sobre el Cambio Climático.
- Unikel, L., Garza, G., & Chiapetto, C. (1974). *El Desarrollo Urbano de Méxxico: Diagnóstico e Implicaciones Futuras*. México: El Colegio de México.
- UNISDR. (2005). *Extrato del Informe de la Conferencia Mundial sobre la Reducción de los Desastres. Marco de Acción de Hyogo para 2005-2015. Aumento y las Comunidades ante los Desastres*. Kobe, Hyogo, Japón: Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres.
- University of Illinois. (2006). *Urban Land Use Planning*. Illinois: University of Illinois.
- Valcárcel, M. (2006). *Génesis y Evolución del Concepto y Enfoque sobre el Desarrollo. Documento de Investigación*. Lima: Departamento de Ciencias Sociales. Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Van Hoof, B., Monroy, N., & Saer, A. (2008). *Producción más Limpia: Paradigma de Gestión Ambiental*. México, D. F.: Alfaomega Grupo Editor S.A. de C.V.
- Vélez González, R. (2007). *La Ecología en el Diseño Arquitectónico. Datos Prácticos sobre Diseño Bioclimático y Ecotecnias*. México, D. F.: Editorial Trillas S. A. de C. V.
- Villers, L., & Trejo, I. (1995). *Vegetación actual de México y escenario aplicando un incremento de 2°C de temperatura y disminución del 10% en la precipitación. México ante el Cambio Climático*. México: SEMARNAP-UNAM-US Country Studies. .
- West, J. J., Osnaya, P., Laguna, I., Martínez, J., & Fernández, A. (2003). *Co-control of Urban Air Pollutants and Greenhouse Gases in Mexico City*. México: Instituto Nacional de Ecología.
- Winrock International. (2003). *Apendice 2: Modelación de Líneas Base de Deforestación utilizando GEOMOD para las Regiones de Calakmul y Meseta Purépecha en México*. México: Winrock International.
- Wood, L. (2003). *Technical Assistance for Developing a Carbon Index for Mexico. Overview of Activities, Plans, Workshop*. México: Dr. Lynnette Wood, Team Leader.