



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

DOCTORADO EN URBANISMO

**Desarrollo urbano sensible al agua como estrategia para una
ciudad inteligente: el caso de Atlacomulco de Fabela, México.**

TESIS

Que para obtener el grado de Doctora en Urbanismo

Presenta:

M. Arq. Sandra Cecilia Rodríguez Martínez

Tutor académico:

Dr. en A.P. Francisco Javier Rosas Ferrusca

Tutores adjuntos:

Dr. en C.A. Eduardo Campos Medina

Dr. en C.E. Ryszard Edward Rozga Luter

Toluca, México, abril 2025

Índice general

I. Diseño de investigación.....	20
A. Antecedentes	20
B. Planteamiento del problema.....	26
C. Justificación	41
D. Preguntas de investigación	43
E. Objetivos	44
Capítulo 1. Interrelaciones teóricas para el Desarrollo Urbano Inteligente Sensible al Agua (DUISA).....	46
1.1 La planeación para el desarrollo de las ciudades desde una mirada crítica.....	46
1.2 Planeación para el desarrollo de América Latina y México	50
1.2.1 El plan como estrategia del desarrollo urbano del Siglo XXI	61
1.2.2 La ciudad intermedia como aptitud del desarrollo urbano del Siglo XXI.....	65
1.2.3 La ciudad inteligente como paradigma de innovación del desarrollo urbano del Siglo XXI.....	70
1.3 Planeación hídrica y planeación urbana	81
1.3.1 El agua como un recurso para la vida.....	93
1.3.2 El agua como recurso para el desarrollo urbano.....	96
1.4 Hacia un Desarrollo Urbano Inteligente Sensible al Agua (DUISA)	99
Conclusiones Capítulo 1	110
Capítulo 2. Marco normativo sobre planeación urbana y planeación hídrica	117
2.1 Planeación urbana.....	119
2.1.1 Manual para la elaboración de Planes de Desarrollo Urbano de Centros de Población (PDUCP) (SAHOP, 1981)	119
2.1.2 Ley General de Asentamientos Humanos, Ordenamiento territorial y Desarrollo Urbano (LGAHOTDU) (2016).....	122
2.1.3 Guía metodológica. Elaboración y actualización de programas municipales de desarrollo urbano (PMDU) (SEDATU) (2017)	123
2.1.4 Reglamento del Libro Quinto del Código Administrativo del Estado de México denominado “Del Ordenamiento Territorial de los Asentamientos Humanos y del Desarrollo Urbano de los Centros de Población (GEM) (2020)	125

2.1.5 Lineamientos para la elaboración de Programas Municipales de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano (PMOTDU) (SEDATU) (2022)	126
2.1.6 Norma Oficial Mexicana NOM-003-SEDATU-2023 Fortalecimiento del Sistema Territorial ante Amenazas de origen natural y de cambio climático (FTS) (SEDATU) (2023)	128
2.1.7 Norma Oficial Mexicana NOM-005-SEDATU-2024 Contenidos generales para planes o programas municipales de ordenamiento territorial y/o desarrollo urbano (SEDATU) (2024)	132
2.2 Planeación hídrica.....	133
2.2.1 Ley de Aguas Nacionales (LAN) (1992).....	134
2.2.2 Atlas Nacional de Vulnerabilidad al Cambio Climático (ANVCC) (2019)	136
2.2.3 Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2019-2024.....	141
2.2.4 Programa Nacional Hídrico (PNH) 2020-2024.....	142
2.2.5 Programa Nacional de Protección Civil (PNPC) 2022-2024	145
2.2.6 Plan de Desarrollo del Estado de México (PDEM) 2023-2029.....	146
2.2.7 Programa Hídrico Integral del Estado de México (PHIEM) 2023-2029.....	148
Conclusiones del Capítulo 2	150
Capítulo 3. El contexto territorial y de planeación del caso de estudio: Atlacomulco de Fabela, México	155
3.1 Situación actual del agua en México	155
3.1.1 Seguía, escasez o mala gestión	160
3.2 Aptitud territorial de Atlacomulco de Fabela, México	162
3.2.1 Dimensión natural	166
a) Clima	166
b) Precipitación.....	167
c) Orografía y topografía	169
d) Edafología y vegetación	170
e) Hidrología.....	173
f) Riesgos y vulnerabilidad.....	176
3.2.2 Dimensión social	180
a) Características demográficas	180

b) Características económicas	183
c) Acceso a tecnologías.....	184
d) Usos de suelo.....	185
e) Consumo y disponibilidad de agua per cápita.....	186
3.2.3 Dimensión física espacial	186
a) Área urbana	186
b) Infraestructura hidráulica	188
c) Desarrollo urbano histórico	192
3.2.4 Dimensión instrumental.....	195
a) Evolución del desarrollo urbano a partir de los planes.....	195
Conclusiones del Capítulo 3	201
Capítulo 4. Diseño metodológico para la investigación y el objeto de estudio	205
4.1 Tipo de investigación.....	205
4.2. Fases de investigación	206
4.3 Fundamentos teóricos y metodológicos	207
4.3.1 Teoría fundamentada	209
4.3.2 La hermenéutica crítica	213
4.3.3 La historia comparada	215
4.4 Operacionalización de variables	217
4.5 Actores clave, técnicas e instrumentos cualitativos.....	229
4.6 Descripción del proceso de análisis de la información cualitativa	237
4.6.1 Superposición de capas.....	237
4.6.2 Análisis del discurso	243
a) Codificación abierta.....	246
b) Codificación axial	250
c) Codificación selectiva	251
Conclusiones del Capítulo 4.....	255
Capítulo 5. Lineamientos para el diseño del Modelo de Desarrollo Urbano Inteligente Sensible al Agua para Atlacomulco de Fabela, México	259

5.1 Matriz de evaluación de la inteligencia y sensibilidad al agua del caso de estudio .	259
5.2 Superposición de capas para análisis de las dimensiones natural y física.....	261
5.2.1 Tipo y textura del suelo	261
5.2.2 Cobertura vegetal.....	262
5.2.3 Pendientes	263
5.2.4 Rocas y dureza.....	264
5.2.5 Puntos de agua	265
5.2.6 Usos de suelo	266
5.2.7 Pavimentos	269
5.2.8 Primera etapa de la superposición de capas: Mapa de Grado de Infiltración para Atlacomulco de Fabela, México	270
5.2.9 Segunda etapa de la superposición de capas: Mapa de Infiltración en Vialidades para Atlacomulco de Fabela, México	272
5.2 Análisis del discurso para las dimensiones social e instrumental.....	273
5.3.1 Análisis por categorías.....	273
a) Planeación urbana hídrica pluvial	274
b) Planeación urbana	275
c) Relación ciudadano-agua.....	277
5.3.2 Análisis por actores y códigos	279
a) Planeación urbana hídrica pluvial	280
b) Planeación urbana	286
c) Relación ciudadano-agua.....	294
Conclusiones del Capítulo 5	304
Capítulo 6. Modelo de Desarrollo Urbano Inteligente Sensible al Agua para Atlacomulco de Fabela, México.....	310
6.1 Descripción general del modelo	311
6.2 Justificación del modelo	318
6.3 Objetivo, Misión y Visión del modelo.....	319
6.4 Cualidades del caso de estudio; Atlacomulco de Fabela, México	320
6.5 Actores del modelo	320

6.6 Temporalidad, Líneas de acción, Dimensiones y sus Estrategias para Atlacomulco de Fabela, México	322
6.7 Cartera de proyectos hidro inteligentes según las estrategias y temporalidad para Atlacomulco de Fabela, México	329
6.8 Fondos de agua	331
II. Conclusiones y recomendaciones	335
III. Referencias	357
IV. Anexos	362
a) Instrumentos de trabajo de campo (grupo focal y entrevistas semi estructuradas)	362
b) Operacionalización de variables.....	374
c) Cartografía de la investigación	376
d) Producción académica.....	386

Índice de figuras

Figura 1 Mapa de ubicación del municipio de Atlacomulco en el Estado de México	30
Figura 2 Mapa de ubicación de Atlacomulco de Fabela en el municipio	30
Figura 3 Mapa de Zonas inundables de Atlacomulco, Estado de México	32
Figura 4 Mapa de puntos inundables de Atlacomulco, Estado de México	32
Figura 5 Parque industrial Santa Bárbara.....	35
Figura 6 Proyecto de ciudad bicentenario	36
Figura 7 Jagüey en el centro de Atlacomulco de Fabela, años 20.....	37
Figura 8 Estadios de desarrollo de la sociedad tradicional que comienza su modernización	49
Figura 9 Línea de tiempo del desarrollo urbano en América Latina	54
Figura 10 Línea de tiempo del desarrollo urbano en México y Estado de México	58
Figura 11 Elementos fundamento para el modelo de Desarrollo Urbano Inteligente Sensible al Agua	61
Figura 12 Línea de tiempo de la planeación hídrica en México.....	91
Figura 13 Ciclo hidrológico	95
Figura 14 Nivel de water Smart city hasta el modelo DUISA	109
Figura 15 Fundamentos del Desarrollo Urbano Inteligente Sensible al Agua	114
Figura 16 Principales instrumentos normativos de la planeación urbana en México y Estado de México.....	118
Figura 17 Principales instrumentos normativos de la planeación hídrica en México y Estado de México.....	118
Figura 18 Proceso de la planeación urbana	121
Figura 19 Vulnerabilidad de los asentamientos humanos por inundaciones.....	138
Figura 20 Cuencas y regiones hidrológico-administrativas	157
Figura 21 Distribución de volúmenes de agua para usos consuntivos en México	160
Figura 22 Macro ubicación del municipio de Atlacomulco en la Región 12	163
Figura 23 Micro ubicación de la cabecera municipal Atlacomulco de Fabela.....	163
Figura 24 Mina de tezontle (Cerro de las cruces) años 50	164
Figura 25 Mina de tezontle (Cerro de las cruces) año 2009.....	164
Figura 26 Mapa de peligro por lluvias extremas.....	169
Figura 27 Región hidrológica 12.....	174
Figura 28 Subcuencas Río Otzolotepec-Río Atlacomulco y Río Atlacomulco-Paso de Ovejas.....	174
Figura 29 Acuífero Ixtlahuaca-Atlacomulco.....	175
Figura 30 Vulnerabilidad de los Asentamientos Humanos por inundaciones en Atlacomulco,	

México.....	177
Figura 31 Índice de vulnerabilidad de inundación en Atlacomulco, México.....	177
Figura 32 Zonas inundables en Atlacomulco de Fabela, México	179
Figura 33 Zonas inundable 1.....	180
Figura 34 Zonas inundable 3.....	180
Figura 35 Zonas inundable 4.....	180
Figura 36 Pirámide poblacional del municipio de Atlacomulco	182
Figura 37 Usos de suelo de Atlacomulco de Fabela	186
Figura 38 Área urbana de Atlacomulco de Fabela, México.....	187
Figura 39 Tanque de almacenamiento en el centro de Atlacomulco de Fabela, sin fecha	189
Figura 40 Tanque de almacenamiento en el centro de Atlacomulco de Fabela, años ochenta	189
Figura 41 Mapa de Atlacomulco de Fabela, 1924.....	193
Figura 42 Mapas de Atlacomulco de Fabela, 1930	193
Figura 43 Mapa de Atlacomulco de Fabela, 1940.....	193
Figura 44 Mapa de Atlacomulco de Fabela, 1946.....	193
Figura 45 A la derecha de la imagen; el jagüey en el centro de Atlacomulco de Fabela, sin fecha	194
Figura 46 Desarrollo urbano en los años noventa	194
Figura 47 Fases de investigación	207
Figura 48 Polígono de estudio en Atlacomulco de Fabela, México.....	208
Figura 49 18 colonias de Atlacomulco de Fabela, México	209
Figura 50 Proceso de la Teoría Fundamentada	211
Figura 51 Etapas del proceso de la Teoría Fundamentada	212
Figura 52 Pasos del proceso de la Hermenéutica de la sospecha	215
Figura 53 Pasos del proceso de la Historia comparada	217
Figura 54 Diagrama de fundamentos, dimensiones y subdimensiones para un Desarrollo Urbano Inteligente Sensible al Agua (DUISA).....	218
Figura 55 Diagrama dimensiones y subdimensiones para un Desarrollo Urbano Inteligente Sensible al Agua (DUISA)	220
Figura 56 Dimensión natural y sus subdimensiones	220
Figura 57 Dimensión natural; sus subdimensiones, indicadores e índices.....	222
Figura 58 Dimensión física espacial y sus subdimensiones	223
Figura 59 Dimensión física; sus subdimensiones, indicadores e índices	223
Figura 60 Dimensión instrumental y sus subdimensiones	224
Figura 61 Dimensión instrumental; sus subdimensiones, indicadores e índices.....	225

Figura 62 Dimensión social y sus subdimensiones	226
Figura 63 Dimensión social; sus subdimensiones, indicadores e índices	227
Figura 64 Actores clave.....	229
Figura 65 Etapas del proceso del Grupo Focal.....	232
Figura 66 Etapas del proceso de la Entrevista.....	235
Figura 67 Mapa de participantes de los actores clave	236
Figura 68 Etapas del proceso de la Superposición de capas	239
Figura 69 Dimensiones natural y física, sus subdimensiones e indicadores	241
Figura 70 Etapas del proceso de Atlas.ti	245
Figura 71 Entrevistas semiestructuradas a actores de las organizaciones de la sociedad civil, sector privado y academia.	248
Figura 72 Grupo focal con sector público.....	249
Figura 73 Grupo focal con sector público.....	249
Figura 74 Dimensiones instrumental y social, sus subdimensiones e indicadores.....	250
Figura 75 Matriz de evaluación de la inteligencia y sensibilidad del agua del caso de estudio Atlacomulco de Fabela, México.....	260
Figura 76 Gráfico radial de la evaluación de la inteligencia y sensibilidad del agua del caso de estudio Atlacomulco de Fabela, México	260
Figura 77 Mapa de tipo y textura del suelo del caso de estudio Atlacomulco de Fabela, México..	262
Figura 78 Mapa de cobertura vegetal del caso de estudio Atlacomulco de Fabela, México.....	263
Figura 79 Mapa de pendientes del caso de estudio Atlacomulco de Fabela, México	264
Figura 80 Mapa de rocas y dureza del caso de estudio Atlacomulco de Fabela, México	265
Figura 81 Mapa de puntos de agua del caso de estudio Atlacomulco de Fabela, México	266
Figura 82 Mapa de usos de suelo del caso de estudio Atlacomulco de Fabela, México.....	269
Figura 83 Mapa de pavimentos del caso de estudio Atlacomulco de Fabela, México.....	270
Figura 84 Mapa de grado de infiltración del caso de estudio Atlacomulco de Fabela, México.....	271
Figura 85 Mapa de Infiltración en vialidades del caso de estudio Atlacomulco de Fabela, México	273
Figura 86 Nube de palabras categoría Planeación hídrica pluvial	274
Figura 87 Nube de palabras categoría Planeación urbana.....	275
Figura 88 Nube de palabras categoría Relación ciudadano-agua.....	277
Figura 89 Nube de palabras categoría Planeación urbana hídrica pluvial código gestión hídrica ..	280
Figura 90 Nube de palabras categoría Planeación urbana hídrica pluvial código inteligencia con respecto al agua	282

Figura 91 Nube de palabras categoría Planeación urbana hídrica pluvial código normativa sobre agua	284
Figura 92 Nube de palabras categoría Planeación urbana código favorecimiento de infiltración ..	286
Figura 93 Nube de palabras categoría Planeación urbana código normatividad sobre planeación urbana.....	288
Figura 94 Nube de palabras categoría Planeación urbana código ordenamiento territorial hídrico	289
Figura 95 Nube de palabras categoría Planeación urbana código plan municipal de desarrollo urbano.....	291
Figura 96 Nube de palabras categoría Planeación urbana código reducción del riesgo de inundación	293
Figura 97 Nube de palabras categoría Relación ciudadano-agua código acciones primordiales	294
Figura 98 Nube de palabras categoría Relación ciudadano-agua código ciudadano hidro inteligente	296
Figura 99 Nube de palabras categoría Relación ciudadano-agua código disponibilidad per cápita	297
Figura 100 Nube de palabras categoría Relación ciudadano-agua código grado de participación ciudadana.....	299
Figura 101 Nube de palabras categoría Relación ciudadano-agua código grado tecnológico	301
Figura 102 Dimensiones para el modelo DUISA.....	313
Figura 103 Modelo de Desarrollo Urbano Sensible al Agua para Atlacomulco de Fabela, México	317
Figura 104 Actores clave.....	321
Figura 105 . Zonas prioritarias para implementación de soluciones basadas en la naturaleza. (1) Colonia Río Lerma, (2) Colonia Las Fuentes, (3) Colonia Las Granjas	324
Figura 106 Zonas con alto, medio y bajo grado de infiltración para considerar usos de suelo no urbanizables, actividades terciarias y habitacionales	325
Figura 107 Calles con alto grado de infiltración y escurrimiento para implementación de red pluvial o pavimentos permeables	326

Índice de tablas

Tabla 1 Contraste del paradigma tradicional y el IWRM	85
Tabla 2 Necesidad, capacidad y nivel de requerimiento de municipios del Estado de México	133
Tabla 3 Necesidad, capacidad y nivel de requerimiento de municipios del Estado de México	141
Tabla 4 Estrategias y acciones puntuales del objetivo prioritario sobre la reducción de vulnerabilidad de la población ante inundaciones y sequías	144
Tabla 5 . Estrategias y acciones puntuales del objetivo prioritario sobre la preservación de la integridad del ciclo del agua a fin de garantizar los servicios hidrológicos que brindan cuencas y acuíferos	144
Tabla 6 Estrategias y acciones puntuales del objetivo prioritario sobre La mejora de las condiciones para la gobernanza del agua a fin de fortalecer la toma de decisiones y combatir la corrupción....	145
Tabla 7 Estrategias y acciones puntuales del objetivo prioritario sobre la prevención y reducción de riesgos de desastres mediante su conocimiento y establecimiento de acciones que promuevan la resiliencia en la sociedad.....	146
Tabla 8 Estrategias y acciones puntuales del objetivo bienestar ambiental y acceso universal al agua	148
Tabla 9 Balance del acuífero Ixtlahuaca-Atlacomulco	176
Tabla 10 Crecimiento demográfico histórico del municipio de Atlacomulco.....	181
Tabla 11 Fuentes de abastecimiento.....	191
Tabla 12 Tabla resumen de dimensiones, subdimensiones, indicadores e índices para un Desarrollo Urbano Inteligente Sensible al Agua (DUISA)	229
Tabla 13 Actores, técnicas e instrumentos cualitativos a aplicar	230
Tabla 14 . Actividades de actores principales en el GF	231
Tabla 15 Etapas del proceso del Grupo focal en la presente investigación.....	233
Tabla 16 Etapas del proceso de la Entrevista semi estructurada en la presente investigación.....	236
Tabla 17 Etapas del proceso de la Superposición de capas en la presente investigación.....	240
Tabla 18 Valoraciones numéricas y ordinales de los índices	242
Tabla 19 Dimensiones natural y física, sus subdimensiones, indicadores, índices y escala de valores	243
Tabla 20 Importancia en porcentaje de cada indicador	243
Tabla 21 Instrumentos para la recolección de datos en campo	247
Tabla 22 Instrumentos para la recolección de datos en campo	248
Tabla 23 Códigos y categorías de análisis.....	251
Tabla 24 Objetivo y códigos de las preguntas del Instrumento Anexo 7 Organizaciones de la	

sociedad civil y Sector privado	253
Tabla 25 Objetivo y códigos de las preguntas del Instrumento Anexo 7 Organizaciones de la sociedad civil y Sector privado	254
Tabla 26 Indicadores para la matriz de evaluación de la inteligencia y sensibilidad al agua	260
Tabla 27 Tipo y textura del suelo en el caso de estudio Atlacomulco de Fabela, México.....	261
Tabla 28 Tipo y textura del suelo en el caso de estudio Atlacomulco de Fabela, México.....	262
Tabla 29 Pendientes en el caso de estudio Atlacomulco de Fabela, México	263
Tabla 30 Litología en el caso de estudio Atlacomulco de Fabela, México.....	264
Tabla 31 Pozos el caso de estudio Atlacomulco de Fabela, México.....	265
Tabla 32 Litología en el caso de estudio Atlacomulco de Fabela, México	266
Tabla 33 Usos de suelo habitacionales.....	268
Tabla 34 Usos de suelo no urbanizables	268
Tabla 35 Pavimentos en el caso de estudio Atlacomulco de Fabela, México	269
Tabla 36 Grado de infiltración en el caso de estudio Atlacomulco de Fabela, México	271
Tabla 37 Grado de infiltración en vialidades en el caso de estudio Atlacomulco de Fabela, México	272
Tabla 38 Cantidad de citas por código, por actor y totales	280
Tabla 39 Estimación de requerimiento de agua potable.....	318
Tabla 40 Línea de acción, dimensión y estrategia a corto plazo	322
Tabla 41 Línea de acción, dimensión y estrategia a mediano plazo	324
Tabla 42 Línea de acción, dimensión y estrategia a largo plazo	327
Tabla 43 Proyectos según estrategias para el Desarrollo Urbano Inteligente Sensible al Agua	331

Resumen

La presente investigación explora la propuesta de un modelo de Desarrollo Urbano Inteligente Sensible al Agua (DUISA) en Atlacomulco de Fabela, México como caso de estudio. Aborda la problemática de la gestión del agua en el contexto urbano, donde los patrones tradicionales de desarrollo han generado problemas como inundaciones, escasez y contaminación. Se justifica la necesidad de un enfoque más sensible al agua, que integre el ciclo hidrológico (particularmente la precipitación, escurrimiento e infiltración) en la planeación para crear ciudades más sostenibles e inteligentes.

Se plantean preguntas de investigación sobre cómo integrar el agua en la planeación urbana, qué elementos considerar para el modelo DUISA y cómo adaptar dicho modelo a las características de Atlacomulco de Fabela. Los objetivos incluyen la discusión de modelos de planeación urbana y gestión del agua durante el Siglo XX y XXI, la caracterización del caso de estudio, la propuesta de dimensiones e indicadores para la planeación urbana hídrica pluvial y el diseño del modelo.

De inicio; se revisan las interrelaciones teóricas para el DUISA, explorando los modelos de planeación urbana del siglo XX y XXI. Se destaca la necesidad de actualizar las estrategias de desarrollo con información cuantitativa y cualitativa, resaltando las fortalezas de las ciudades intermedias. Se aborda el concepto de ciudad inteligente, enfatizando la importancia de la infraestructura sostenible, la gestión del agua y la planeación urbana para la búsqueda de una mayor calidad de vida de los habitantes y de un aprovechamiento más eficiente de los recursos. Se señala la falta de criterios uniformes para definir una ciudad inteligente, resaltando la importancia de proponer indicadores.

Así mismo se discute la relación entre la planeación hídrica y la planeación urbana, destacando el cambio de paradigma hacia un enfoque que considere las características geográficas, sociales y culturales del territorio. Se menciona la necesidad de gestionar el ciclo del agua a nivel de subcuencas y microcuencas, así como la importancia de integrar los ciclos locales de captación, infiltración y reúso.

Se hace referencia a la importancia del ciclo hidrológico, mencionando que el agua superficial y subterránea forman parte de la misma dinámica ambiental por lo que se discuten las etapas del manejo del agua, desde la gestión de la oferta hasta la gestión de la demanda y la sostenibilidad.

Por otro lado; se caracteriza Atlacomulco de Fabela; el cual se ubica en el noroeste del Estado de México, con una vocación tanto agrícola como industrial; identificándose el riesgo de inundación como el principal problema del municipio. El análisis de la aptitud territorial del caso de estudio se realiza desde las dimensiones natural, social, física e instrumental; destacándose que el 100% del territorio pertenece a la cuenca Lerma-Toluca y al acuífero Ixtlahuaca-Atlacomulco el cual está sobreexplotado. Se describe la historia del abastecimiento de agua en Atlacomulco, mencionando la construcción de pozos y tanques de almacenamiento a lo largo del tiempo y se hace referencia al crecimiento poblacional y urbano del municipio. Con base en esta caracterización se concluye que el desarrollo urbano de Atlacomulco de Fabela ha tenido una relación compleja con el recurso hídrico, con una creciente necesidad de integración.

El estudio utiliza un enfoque cualitativo, inductivo y explicativo, empleando la teoría fundamentada para generar el modelo DUISA y el método histórico comparativo para analizar la evolución de la planeación urbana y la gestión del agua. Se describen las fases de la investigación, que incluyen la recopilación de información, el análisis del marco normativo, el estudio de caso, la propuesta de dimensiones e indicadores, el diseño de lineamientos y el desarrollo del modelo. Se detallan las técnicas e instrumentos cualitativos como grupos focales y entrevistas semiestructuradas interpretados a través del análisis del discurso; además de análisis cuantitativos mediante la superposición de capas cartográficas.

A partir de la información analizada se proponen los indicadores para la planeación urbana hídrica pluvial base del modelo, además de una matriz de evaluación de la inteligencia y sensibilidad al agua que se aplica al caso de estudio. Los resultados muestran que presenta un nivel bajo de inteligencia y sensibilidad al agua.

-

En la superposición de capas para las dimensiones natural y física se muestran mapas de tipo y textura del suelo, cobertura vegetal, pendientes, litología, puntos de agua, usos de suelo y pavimentos con los que se generan mapas de grado de infiltración y de infiltración en vialidades como primeros resultados. Por su parte; el análisis del discurso para las dimensiones social e instrumental utiliza nubes de palabras para visualizar los conceptos más relevantes con los que se construye la base del modelo.

Finalmente se presenta el modelo DUISA como una propuesta para integrar el manejo del agua en la planeación urbana de Atlacomulco de Fabela. El modelo se basa en ejes transversales (sostenibilidad, participación, resiliencia, innovación) y pilares (gobernanza, tecnología, financiamiento). Se construye mediante las dimensiones: natural, física espacial y social, y se establecen líneas de acción para cada dimensión, incluyendo soluciones basadas en la naturaleza, infraestructura pluvial y gestión del agua. Se definen las estrategias para cada dimensión, con una temporalidad a corto, mediano y largo plazo; siendo estas la identificación de zonas prioritarias para la infiltración, el uso de pavimentos permeables y la implementación de medidores inteligentes.

Con base en esto se presenta una cartera de proyectos hidro inteligentes para el caso de estudio, incluyendo jardines de lluvia, sistemas de captación y reúso de agua pluvial y humedales urbanos. A la par surge la propuesta de crear la figura del Gerente Inteligente de Recursos Hídricos (GUIRH) para la gestión del agua en el ámbito municipal.

Esta tesis; por tanto, presenta una propuesta metodológica y un modelo concreto para la integración de la gestión del agua en la planeación urbana de Atlacomulco de Fabela, México, con un enfoque que busca transformar la manera en que se construyen y gestionan las ciudades, haciéndolas más sostenibles, inteligentes y resilientes. La tesis aborda con rigor teórico y empírico la complejidad del tema, ofreciendo una valiosa contribución para el diseño de ciudades más sensibles al agua recomendando evaluar la escalabilidad y replicabilidad del modelo en diferentes contextos urbanos.

Introducción

El acelerado crecimiento demográfico y los desafíos del cambio climático en el Siglo XXI exigen un replanteamiento de los modelos tradicionales de desarrollo urbano. La gestión del agua, elemento vital para la vida humana y el desarrollo sostenible, ha sido relegada a un segundo plano en la planeación de las ciudades, lo que ha generado una serie de problemáticas, como la sobreexplotación de acuíferos, la contaminación de fuentes hídricas y el aumento de los riesgos de inundaciones.

En este contexto y como producto de la presente tesis se plantea el modelo de Desarrollo Urbano Inteligente Sensible al Agua (DUIA) como una alternativa para integrar la gestión del agua como eje central de la planeación urbana. DUIA propone una visión holística, donde la gestión del agua se integra a todas las dimensiones del desarrollo urbano, desde la planeación del territorio y el diseño de la infraestructura hasta la participación ciudadana y la innovación tecnológica.

Se desarrolla el modelo DUIA para el caso de estudio de Atlacomulco de Fabela, México, una ciudad intermedia que enfrenta retos significativos en la gestión del agua, incluyendo la sobreexplotación del acuífero, la falta de infraestructura adecuada y la limitada participación ciudadana.

La investigación se basa en un enfoque metodológico cualitativo en el que se utilizaron cuatro métodos principales. La Teoría fundamentada para analizar los datos cualitativos obtenidos a través de entrevistas semiestructuradas y grupos focales con actores clave del sector público, la ciudadanía, la academia, el sector privado y organizaciones de la sociedad civil, con el fin de identificar las principales problemáticas y oportunidades relacionadas con la gestión del agua. La Hermenéutica crítica para reflexionar sobre los componentes de la planificación urbana hídrica pluvial a través de una interpretación más profunda de la realidad, considerando el contexto histórico y social. La Historia comparada para analizar los instrumentos normativos de planificación urbana e hídrica en México, comprender su evolución histórica y detectar las principales limitaciones en cuanto a la integración de la

gestión del agua.

Así mismo se aplicaron dos métodos para el análisis de la información de campo. La Superposición de capas para determinar las zonas con mayor potencial para la infiltración de agua pluvial y para diseñar estrategias que minimicen el impacto de la urbanización sobre el ciclo natural del agua. Y el Análisis del discurso de los actores clave que reveló la necesidad de un cambio de paradigma en la planificación urbana, donde el agua se convierta en un elemento central y se promueva una gestión integral que involucre a todos los sectores de la sociedad.

DUISA se sustenta en tres pilares fundamentales:

- El plan como estrategia: superando la visión tradicional del plan como un instrumento rígido y centralizado, se propone un plan flexible, adaptativo y participativo, que responda a las necesidades locales y a los cambios del entorno.
- La tecnología como herramienta: la innovación tecnológica se concibe como un medio para optimizar la gestión del agua, se parte de las Soluciones Basadas en la Naturaleza, la planeación urbana hídrica pluvial y finalmente los sistemas de información, sensores, modelación y otras herramientas que permitan un mejor conocimiento del ciclo del agua y, por tanto, una gestión más eficiente.
- La escala como aptitud: se reconoce que las ciudades intermedias, como Atlacomulco de Fabela, presentan características que las hacen idóneas para la implementación de modelos de desarrollo inteligente y sostenible, debido a su escala más humana, la mayor cercanía entre el gobierno y la ciudadanía y la posibilidad de una gestión más eficiente de los recursos.

El modelo DUISA se presenta como una propuesta que aborda la complejidad, la innovación y la previsión del futuro, siendo viable para la gestión del agua en las ciudades. Su implementación en Atlacomulco de Fabela servirá como modelo a seguir para otras ciudades intermedias que buscan un desarrollo urbano más inteligente.

El documento se organiza de la siguiente manera:

El primer apartado contiene el Diseño de la investigación planteando los antecedentes, planteamiento del problema, justificación, preguntas de investigación y objetivos.

El Capítulo 1 analiza la evolución histórica de la planificación urbana en México y la creciente necesidad de integrar la gestión del agua como un elemento central del desarrollo.

El Capítulo 2 analiza los instrumentos normativos de planificación urbana e hídrica en México, identificando sus limitaciones en cuanto a la integración de la gestión del agua.

El Capítulo 3 presenta una caracterización detallada del caso de estudio, Atlacomulco de Fabela, México, incluyendo su contexto histórico, social, económico y ambiental, con especial atención a la situación del agua.

El Capítulo 4 describe el diseño metodológico de la investigación, incluyendo los métodos de recolección y análisis de datos, la selección de actores clave y la operacionalización de variables.

El Capítulo 5 presenta los lineamientos para el diseño del modelo DUISA, con base en los resultados del análisis del caso de estudio.

El Capítulo 6 presenta el modelo DUISA para Atlacomulco de Fabela, México, describiendo sus componentes, objetivos, estrategias y proyectos piloto.

Por último, se exponen las conclusiones y sugerencias derivadas de la investigación, junto con las posibles líneas de estudio que surgen de este trabajo.

Este documento busca contribuir al debate sobre la gestión del agua en las ciudades, ofreciendo una propuesta concreta para un desarrollo urbano más sostenible, resiliente e inteligente. Se espera que este trabajo inspire a otros investigadores, planeadores y tomadores de decisiones a integrar la gestión del agua como un elemento central del desarrollo urbano en el Siglo XXI.



I. Diseño de investigación

A. Antecedentes

El surgimiento de las ciudades se remonta al final del Paleolítico, coincidiendo con la invención de la agricultura como una práctica social clave para la supervivencia y una muestra evidente del dominio del Homo sapiens sobre su entorno natural. Los avances en técnicas, herramientas y la seguridad alimentaria alcanzados durante el Neolítico impulsaron el crecimiento demográfico, la generación de excedentes agrícolas y el establecimiento de los primeros estados agrícolas, que más tarde evolucionaron y se consolidaron como Imperios Agrarios. Este proceso marcó una transformación inevitable en las formas de organización social que habían prevalecido hasta entonces.

La formación de estos Imperios Agrarios cerca de las fuentes de agua, junto con las obras de ingeniería vinculadas a la producción, el aumento de la población, la expansión de las civilizaciones urbanas y la consecuente fragmentación y transformación cultural, generaron una presión creciente sobre los recursos naturales. Esto provocó un desequilibrio en los ecosistemas que los sustentaban, manifestando los primeros problemas ambientales derivados del crecimiento urbano. (Navarrete-Peñuela, 2017).

Con el tiempo, la práctica y fortalecimiento del comercio, la Revolución Industrial, la expansión europea, la globalización de la economía y el surgimiento de la era global han sido factores clave en la construcción y transformación de las ciudades. Estos elementos han generado profundos impactos en la organización social, la economía, la cultura y el entorno natural, tanto en el espacio urbano como en las áreas circundantes.

La multiplicación de los asentamientos urbanos y la concentración de población en ellos no es entonces casualidad; es más bien, la concreción de las ventajas y oportunidades que las ciudades representan; producto principalmente del desarrollo económico detonado por la industrialización del Siglo XIX lo que incentivó “una continua transferencia de recursos de las actividades primarias a las secundarias y terciarias, lo cual implica un movimiento de

población de la agricultura a las manufacturas y servicios, y este tránsito es lo que constituye el proceso de urbanización” (Unikel, 1978, pág. 11).

Así, las ciudades son entidades que se encuentran en un constante e interminable proceso de evolución y transformación, representan el paradigma del Siglo XXI. En este sentido, las soluciones urbanísticas, arquitectónicas, paisajistas, ingenieriles, económicas, sociales, políticas y ambientales que se van desarrollando deben mantenerse actualizadas y enfocadas a la solución de los problemas urbanos que se viven en el presente y que pueden agudizarse en el futuro en caso de no tomar medidas preventivas.

Las ciudades enfrentan desafíos relacionados con la calidad de vida de los habitantes y con la expansión urbana que incrementa los costos ambientales (Nava et al., 2014). La consideración del crecimiento demográfico es fundamental para el desarrollo de los asentamientos humanos, porque permite prever las demandas y necesidades futuras de la población, además de contribuir al proceso de planificación urbana y ser útiles para definir tanto la imagen objetivo de ciudad como el diseño de estrategias para conseguirla mediante la construcción de capacidades locales que garanticen la disminución de las inequidades, el acceso a bienes, servicios y recursos con una perspectiva de derechos humanos.

En materia ambiental, los factores relacionados con la urbanización adquieren singular importancia por el elevado consumo que implican las zonas urbanas densamente pobladas, La ONU sostiene que la concentración de la población en las ciudades, los patrones insostenibles de producción y consumo, y una gestión urbana ineficaz empeoran los problemas ambientales, incluso más allá de los impactos físicos. Al respecto, ONU-Hábitat (2011), alerta sobre las modificaciones del clima en las ciudades, ya que éstas “...podría afectar al suministro del agua, los bienes y servicios del ecosistema, provisión de energía, industria y prestaciones en ciudades de todo el mundo. Esto puede perjudicar las economías locales y despojar a las poblaciones de sus bienes y formas de ganarse la vida, provocando en algunos casos la migración masiva (...) los efectos tienden a reforzar las desigualdades existentes y, como resultado, el cambio climático puede perjudicar el tejido social de las ciudades y agravar la pobreza” (ONU, 2011, p. 13).

En este sentido, se han desarrollado diversos planes de acción para la atención de esta circunstancia urbana; uno de ellos deriva de la Declaración de Quito sobre Ciudades y Asentamientos Humanos Sostenibles para Todos 2016, también conocido como la Nueva Agenda Urbana derivada de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre la vivienda y el Desarrollo Urbanos Sostenible (Hábitat III) (Organización de las Naciones Unidas, 2016). Esta agenda se propone aprovechar el potencial del desarrollo urbano sostenible mediante un cambio en el paradigma urbano integral con las dimensiones social, económica y ambiental traducido en tres ejes:

- El desarrollo urbano sostenible para la inclusión social y la erradicación de la pobreza,
- Prosperidad urbana sostenible e inclusiva y oportunidades para todos, y
- Desarrollo urbano resiliente y sostenible ambientalmente.

El éxito de estas propuestas depende de la implementación consciente de acciones que orienten los esfuerzos urbanos hacia objetivos específicos, derivados del análisis de las áreas de oportunidad de la ciudad, siempre con un enfoque en la planeación y gestión del desarrollo urbano. Como lo indican los puntos mencionados en el eje de planeación y gestión del desarrollo urbano de la misma Nueva Agenda Urbana (2016), es necesario describir “las acciones y las prioridades en la materia, con el propósito de implementar un estilo de planeación integral y flexible que se adecue a las cambiantes condiciones sociales y económicas de las ciudades” (Gutiérrez, 2018, pág. 88).

Esta capacidad de visualizar y anticipar las acciones en la planeación de la ciudad representa una visión a futuro en la que las ciudades sean capaces de anticiparse a sus propias deficiencias o debilidades para gestionar entre otras cosas, sus propios recursos en pro de la calidad de vida de los habitantes y siempre bajo la conducción de una planeación adecuada para dicha actuación. Gutiérrez (2018), señala que “los riesgos urbanos y las acciones de mitigación frente al cambio climático se encuentran asociados a la resiliencia y a las acciones ambientales en concurrencia con los actores involucrados; asimismo, se destacan las acciones de cooperación y coordinación sectorial y se apuesta a las capacidades locales para

desarrollar e implementar reducciones de riesgos de desastre y planes de respuesta en reconocimiento de las catástrofes naturales del pasado reciente” (Gutiérrez, 2018, pág. 88).

El reconocimiento, por un lado, de las capacidades locales y, por otro, de los impactos y riesgos, orientará a la ciudad y su planeación hacia uno o varios enfoques adecuados que permitan anticipar y prever todas (o al menos las más relevantes) las actividades presentes en el territorio contribuyendo a la habitabilidad, sostenibilidad y al potencial económico de una ciudad, principio mencionado por la ONU Hábitat (2015) para lograr el propósito de mejora, así como adecuación.

Al adoptar este principio de reconocimiento anticipado, la ciudad estaría avanzando hacia una transformación de la tradicional forma del Siglo XX de planear, caracterizada por un enfoque rígido y unidireccional. que “ha mostrado ser insuficiente para gestionar el crecimiento de la ciudad y los cambios que en ella ocurren “ (Gutiérrez, 2018, pág. 92), evolucionando hacia un sistema dinámico y adaptable que fomente, guíe y coordine las decisiones relacionadas con la planeación urbana.

De acuerdo con el Ministerio de Vivienda de Madrid, la insostenibilidad actual del sistema o modelo de desarrollo en las ciudades se puede entender, en resumen como: el consumo de recursos por encima de su tasa de reposición, la producción de residuos por encima de la capacidad natural de reabsorción, los procesos de exclusión económica y social, asociados al acceso diferencial a los recursos y a un medio ambiente saludable y el distanciamiento de la población de los procesos de toma de decisiones (2010, p.12). Por lo que un modelo de crecimiento sostenible “se considera el referente principal frente a los desajustes de modelos de desarrollo basados en el crecimiento continuo, y, por tanto, que actúan sin tener en cuenta los límites ambientales, o frente al decrecimiento, que denuncia la superación de los límites y pide su ajuste, pero no supone una teoría de conjunto” (Delgado, 2013, p.52).

La sostenibilidad es concebida como una verdadera alternativa al modelo de crecimiento continuo que lleva décadas mostrando que ha sobrepasado los límites ambientales. Para plantear un modelo sostenible respecto a la ciudad, se debe fomentar un ciclo completo de

recursos con estrategias concretas como la rehabilitación o recuperación de la ciudad existente, es decir, recuperar el control de los ciclos naturales en el entorno urbano sin olvidar procesos sociales que la regeneración pretendida requiere. De esta manera el objetivo de la ciudad sostenible no será ajeno a los ciudadanos, es decir, se busca ubicar al ciudadano de manera central en el proceso de construcción de la ciudad sostenible, lo cual constituye la premisa principal de este paradigma que cada vez más se contempla en las agendas gubernamentales y en las directrices de política pública urbana.

Asociado a la sostenibilidad, el concepto emergente de ciudad inteligente o Smart city es un tipo de desarrollo urbano basado teóricamente en este paradigma, que trata de buscar soluciones urbanas a través de inversiones que cubran de una manera más eficiente las necesidades ambientales y económicas, preferentemente, a través del uso de las tecnologías. Sin embargo, en este aspecto de las tecnologías, la ciudad inteligente queda en un vacío conceptual, ya que, aunque se considera un modelo de desarrollo vinculado teóricamente a la ciudad sostenible por su enfoque en principios económicos y ecológicos, no está igualmente relacionado con el desarrollo social. Su dirección se sitúa en la mejora de la eficiencia de las esferas ambientales y económicas en la ciudad. El ciudadano no siempre está en el centro de las políticas urbanas que buscan la ciudad inteligente, sino que tiene generalmente un papel de usuario, receptor, consumidor y solo en algunas propuestas una participación más activa. Pero, en todo caso, el proceso se encuentra dirigido por las administraciones públicas, empresas o asociaciones del tercer sector, sin que pueda, debido al peso de la inteligencia artificial en las ciudades inteligentes, ser un proceso íntegramente liderado por los ciudadanos.

Esta separación del ciudadano viene dada por la relevancia que se ha dado del uso de tecnologías de la información; que si bien desempeñan un rol central actualmente en nuestras sociedades mediando las relaciones y fundamentando los procesos de cambio social (Bijker, 1995; Thomas, 2008), bajo ciertas condiciones sociales, económicas, jurídico-políticas, la producción de tecnologías puede generar aún más exclusión social e inequidad. América Latina es uno de los mejores ejemplos para comprobar cómo las tecnologías pueden contribuir a generar una mayor exclusión (Vercelli, 2010, p.59).

Por lo tanto, el concepto de tecnología no debe entenderse exclusivamente ligado a las tecnologías de información (TIC's) o en su empleo como tal, en asociación al término “Smart”, sino que su alcance se extiende a diversas otras áreas de influencia y gestión urbana mediante la aplicación de la técnica y conocimientos necesarios para la solución de las necesidades; cualidad propia de la tecnología social. Por ello, las tecnologías sociales se pueden definir, genéricamente, como todo producto, método, proceso o técnica orientadas a la inclusión y el desarrollo sostenible (Vercelli, 2011, p.58) y creado para solucionar algún tipo de problema social bajo el principio de atender a los requisitos de simplicidad, bajo costo, fácil aplicabilidad e impacto social comprobado.

Una Ciudad Inteligente debe ser sostenible en los ámbitos económico, social y ambiental; contar con una infraestructura que asegure: una mejora en la calidad de vida de los habitantes, una mayor eficiencia en el uso de los recursos disponibles y una participación ciudadana activa. La ciudad inteligente puede estar al servicio de la ciudad sostenible y por lo tanto a su vez al servicio del ciudadano.

La perspectiva de la Comisión Económica para Europa de las Naciones Unidas (UNECE, 2014) apunta que una ciudad es inteligente cuando cumple con los siguientes aspectos: es inclusiva, segura, competitiva, sostenible, conectada y resiliente. El objetivo es lograr el equilibrio en todos ellos, sin embargo, la implementación conjunta es compleja por lo que resulta importante definir en prioridad la estrategia de inicio del plan de acción que a largo plazo vaya integrando los otros aspectos. El considerar de inicio el perfil de resiliencia de la ciudad garantizaría que el plan de acción para el desarrollo urbano sea el adecuado al trabajar desde una visión de riesgos.

El logro de ciudades sostenibles e inteligentes implica, según el informe de UNFPA (2007), considerar la ciudad en su totalidad para identificar las ventajas que los conglomerados urbanos pueden ofrecer en términos de sostenibilidad local y global. Si bien es cierto que las ciudades generan impactos ambientales negativos, también son valoradas por su potencial para contribuir a la sostenibilidad a largo plazo.

El verdadero desafío del desarrollo urbano en Latinoamérica radica en la creación de ciudades resilientes, inclusivas y justas, lo que requiere cambios estructurales a nivel local en los patrones de consumo, gestión de recursos y en la forma en que se planifica el espacio urbano (BID, 2007).

Así, una ciudad resiliente será aquella con la habilidad para adaptarse y transformarse frente a la crisis de escasez de los recursos naturales disponibles y los riesgos recurrentes. La resiliencia urbana se sustenta en el argumento de que las ciudades deben ser planeadas, organizadas y administradas para asegurarles, una capacidad de respuesta óptima y de transformación ante un entorno físico incierto (Kellogg, 2016). Por ello, especificando, la disponibilidad y la seguridad en el suministro de agua deben ser planificadas para mantener a un municipio, estado, región o país invulnerables a su escasez que tiende agravarse ante el incremento de los volúmenes de consumo humano, producto de la acelerada urbanización que experimenta el mundo en general.

B. Planteamiento del problema

Son numerosos los impactos y riesgos que la ciudad actual presenta en su entorno, entre los más visibles destacan el impacto sobre el suelo, energía, agua y transporte; rubros que están directamente asociados a las necesidades básicas de sus habitantes, y que desde hace décadas enfrentan patrones de agotamiento, caos e insostenibilidad, que sumados a la falta de eficacia de los gobiernos en todos sus ámbitos, ubican a las urbes ante retos inaplazables que además de comprometer las condiciones de habitabilidad del ser humano, también sitúan a los países frente a límites planetarios.

En este contexto, el agua es un recurso vital del que se debe garantizar a todo ciudadano su acceso fiable y seguro, así como prevenir a las ciudades del riesgo. A diferencia de otros recursos necesarios para el desarrollo óptimo de cualquier actividad del ser humano, el agua no tiene sustitutos, por lo que su uso, manejo, consumo y aprovechamiento es crucial para la vida y el desarrollo de las actividades cotidianas. Toda ciudad interfiere en el ciclo del agua de muy diversas maneras, las distintas actividades humanas ejercen una presión importante,

directa e indirectamente, sobre el ciclo hidrológico, lo que ha tenido consecuencias negativas en muchas regiones no sólo en la calidad de vida de la población, sino también en los ecosistemas naturales y su biodiversidad. Su demanda se ha incrementado significativamente y su incapacidad de reposición ha presionado fuertemente el medio hídrico disminuyendo la calidad y cantidad en sus reservorios naturales. Esta interacción medio hídrico-ciudad, en un contexto meteorológico y de perspectivas de cambio climático, caracterizado en muchas ocasiones por la escasez y distribución irregular de las aportaciones, supone cuando menos una constante necesidad; la de superar dificultades de disponibilidad asociadas al estrés hídrico.

Se calcula que en el planeta existen alrededor de 1,400 millones de kilómetros cúbicos de agua, de los cuales 2.5% corresponden a agua dulce, localizada principalmente en ríos, lagos, glaciares, mantos de hielo y acuíferos (PNUMA, GEMS, 2007). Cerca de tres cuartas partes del agua dulce está contenida en los glaciares y mantos de hielo, de los cuales aproximadamente 97% son prácticamente inaccesibles, pues se encuentran en la Antártica, el Ártico y Groenlandia. No obstante, muchos de los glaciares continentales, así como el hielo y las nieves perpetuas de volcanes y cadenas montañosas constituyen una fuente importante de recursos hídricos para muchos países. Las aguas superficiales (lagos, embalses, ríos, arroyos y humedales) retienen menos del uno por ciento del agua dulce no congelada. En los lagos del mundo se almacenan más de 40 veces lo contenido en ríos y arroyos (91,000 frente a 2,120km³) y aproximadamente nueve veces lo almacenado en los pantanos y humedales (CONAGUA, SEMARNAT, 2015a).

El agua de la que disponen los países para el abasto público y de sus actividades productivas proviene fundamentalmente de la que obtienen por la precipitación, aunque en algunos casos también se suma la que proviene de los ríos (CONAGUA, SEMARNAT, 2015a).

La disponibilidad natural de agua es muy heterogénea espacial y temporalmente en las distintas regiones del mundo. Esta condición propicia que algunos países cuenten con agua para el consumo humano en abundancia y otros padezcan escasez. El posible estrés que enfrentan los habitantes de una región puede medirse estimando el volumen de agua que le

corresponde a cada habitante al año. Cuando la disponibilidad per cápita es inferior a los 1,700m³ por año se considera como una situación de estrés hídrico (Indicador de Falkenmark; UNDP et al., 2000); si la disponibilidad está por debajo de los 1,000m³ se considera que las consecuencias pueden ser severas y comprometer seriamente la seguridad alimentaria e, incluso, el desarrollo económico del lugar, región o país.

Por ejemplificar algunos datos; en Canadá cada habitante dispone de 84,633m³ al año, Panamá 42,577m³ o Estados Unidos 9,159m³. Estas cifras han disminuido significativamente en unas cuantas décadas. México no es la excepción, en 1950 la disponibilidad era de 17,742m³, pasando a menos de la mitad en 1970 con 8,000m³, 4,547m³ para el año 2004, 4,028m³ en 2012 y en 2019 una disminución a 3,586 m³ anuales por cada mexicano. Para 2030 se proyecta que la disponibilidad de agua por habitante en el país sea de apenas 3,430m³ por año (CONAGUA, 2014). Dentro del territorio nacional los datos de disponibilidad son de igual forma contrastantes; mientras que en la Ciudad de México es de 73m³ por habitante al año; en Chiapas la disponibilidad asciende a 20,619m³, por su parte en el Estado de México se tiene una cantidad de 268m³ por habitante al año (CONAGUA, 2019), estos datos reflejan que, de acuerdo con las categorías establecidas por los organismos internacionales, nuestro país y su estado homónimo están considerados dentro de un nivel de baja disponibilidad natural del agua (Guerrero et al. 2009, p.16).

Esta situación es sin duda resultado del cambio climático, crecimiento demográfico, la acelerada urbanización, pero principalmente de la falta de su consideración en la planeación de muchas ciudades lo que ha favorecido la vulnerabilidad a desastres naturales; algunos de estos eventos de riesgo están asociados al exceso de agua lluvia (inundaciones); mientras otros a su escasez (sequía), que se presentan cada vez de manera más extrema, así como el impedimento de la recarga de los mantos acuíferos fuentes de la dotación.

Con respecto al crecimiento demográfico; en México, el Sistema Urbano Nacional (2018) y la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos precisan que una ciudad (área urbana funcional) es aquella que tiene al menos 50 mil habitantes. En la actualidad, casi tres de cada cuatro personas (72.3%) habitan en alguna de las ciudades mexicanas

(SEDESOL y CONAPO, 2012). Esta dinámica continúa y va en aumento; como lo señalan Almejo Hernández, García Galeana y Benítez Villegas (2014, p. 141), con información de las proyecciones del CONAPO, para el 2030 la población nacional aumentará 23.3 millones (de 114.3 a 137.5), incremento que representa un crecimiento del 71.6 por ciento; destacando que en las ciudades la proporción aumentará hasta 77.9 (18.1 millones de nuevos habitantes urbanos).

En el contexto estatal, los principales rezagos hídricos se centran en las zonas metropolitanas, donde el consumo humano tiende a agudizar el desarrollo de actividades económicas que dependen de altos volúmenes para la producción; no obstante, algunos municipios cuya vocación primaria y secundaria requiere de este recurso, también se ven comprometidos, entre ellos destaca Atlacomulco, ubicado al interior de las coordenadas extremas 99°42'12" y 99°58'28" de longitud Oeste y a los 19°54'07" y 19°43'31" latitud Norte en el Noroeste del Estado de México (Figura 1 y Figura 2), en la Región II integrada por 16 Municipios. Limita al norte, con el Municipio de Acambay, al Noreste con el Municipio de Timilpan, al Sur con el Municipio de Jocotitlán, al Este con el Municipio de Morelos y al Oeste con el Municipio de Temascalcingo. Consta de una superficie de 258.74 kilómetros cuadrados, representando el 1.19% de la superficie del Estado de México, lo que lo ubica en el lugar 30 entre los municipios de la entidad (INEGI, 1995).

Es parte de la Cuenca del Río Lerma – Toluca que tiene tres subcuencas, dos de las cuales ocupan la mayoría del territorio municipal, la del Río Otzolotepec - Río Atlacomulco y la del Río Atlacomulco - Paso de Ovejas. Entre ambas subcuencas se localiza la principal concentración urbana, la cabecera Atlacomulco de Fabela.

El clima está clasificado como subhúmedo, subtipo CB (W2) que es el más húmedo de los subhúmedos, con lluvias predominantemente en verano con una medición de precipitación media anual de 800 milímetros (de junio a septiembre). Tanto la cantidad de lluvia como su ubicación la hacen mayormente vulnerable ante las inundaciones provocadas por los escurrimientos que se canalizan hacia el Río Lerma. Esto también se refleja en la presencia de 31 manantiales localizados en las comunidades de Atotonilco, San Pedro del Rosal, San

Antonio Enchisi, así como en la cabecera (Las fuentes).



Figura 1 Mapa de ubicación del municipio de Atlacomulco en el Estado de México
Fuente: Elaboración propia S.C.R.M (2023)

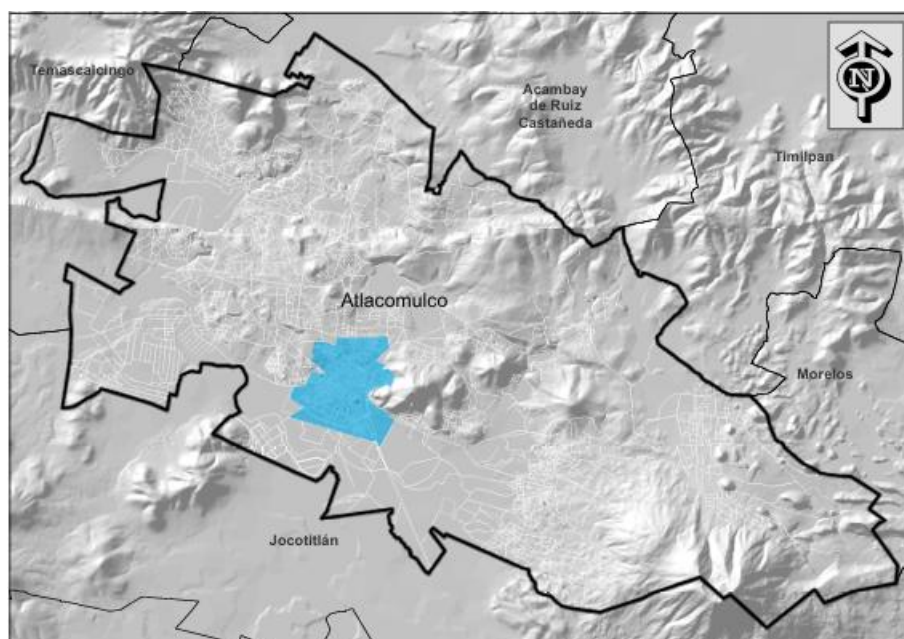


Figura 2 Mapa de ubicación de Atlacomulco de Fabela en el municipio
Fuente: Elaboración propia S.C.R.M (2023)

En Atlacomulco, el principal riesgo es la inundación, que ocurre cuando el flujo de una corriente supera los niveles normales y alcanza magnitudes que no pueden ser contenidas ni

por los cauces naturales ni artificiales, desbordándose sobre el terreno. Esto se debe, principalmente, a la combinación de fuertes lluvias en la ciudad y sus alrededores con el colapso de la red de drenaje sanitario, que también actúa como drenaje pluvial. Como resultado, el agua corre superficialmente por toda la ciudad. Las inundaciones causan, habitualmente, daños en áreas urbanas, tierras agrícolas y, en general, en valles y terrenos bajos.

El Atlas de Peligros Naturales para el Municipio de Atlacomulco (2014), inscrito dentro del Programa de Prevención de Riesgos en los Asentamientos Humanos de la Secretaría de Desarrollo Agrario Territorial y Urbano (SEDATU), es un documento de análisis espacial quediagnostics, pondera y detecta los peligros naturales y la vulnerabilidad de los municipios con el objetivo de disponer de una herramienta que funcione como base para la implementación de estrategias territoriales y el diseño de medidas y acciones orientadas a la prevención de desastres y la reducción de riesgos. Según los datos registrados por la Comisión del agua del Estado de México (CAEM) se han identificado 18 zonas inundables dentro del territorio municipal (Figura 3).

Entre junio y julio de 2011 se registraron inundaciones en 11 puntos (Figura 4) que alcanzaron una altura de entre 15 cm y 40 cm, causadas por la combinación de un exceso de precipitación pluvial, el azolve y la insuficiencia de la red de drenaje, así como las bajas pendientes en las zonas aledañas al Río Lerma, afectando diversas calles y avenidas como la Calzada Las Fuentes, el Circuito Vial Jorge Jiménez Cantú (a la altura de la gasolinera ubicada en la calle Lic. Isidro Fabela Sur), la lateral de la salida a Toluca, la carretera Atlacomulco – El Oro, así como la Col. Ampliación La Garita (afectación de dos viviendas), la Zona Industrial, el Fraccionamiento Los Pinos, la Col Tic Ti y la zona sur de la cabecera municipal, hacia el río Lerma (Cruz Martínez, García García, 2016).

El agua se acumula debido nuevamente a la inexistencia de manejo pluvial adecuado, ya que actualmente son las vialidades las que fungen como ‘canal abierto’ de los escurrimientos pluviales, mismas vialidades que pueden inundarse con gran facilidad al saturarse el sistema de drenaje por lo que la necesidad de mantenimiento, limpieza y desazolve de la red de drenaje para evitar los encharcamientos e inundaciones es imperante. Sin embargo, lo anterior solo aminora el efecto de estas por lo que para que se erradiquen de la cabecera municipal es necesario proyectar y construir, entre otros instrumentos, un plan de acción que considere las precipitaciones más extremas que se presenten en la cuenca de la cabecera municipal, diseñar un crecimiento inteligente que tenga la capacidad; de manera integral, de manejar los intensos escurrimientos de agua que se presentan en la época de lluvias.

Las inundaciones afectan las propiedades, provocan la pérdida de vidas humanas, causan la erosión del suelo y el depósito de sedimentos. Al abarcar grandes áreas, son el fenómeno natural que genera las mayores pérdidas tanto humanas como económicas. En el caso de Atlacomulco de Fabela los daños económicos potenciales estimados directos e indirectos por estas situaciones ronda los \$17,097,926.30 (Cruz Martínez, García García, 2016).

Respecto a las aguas subterráneas, toda esta área se encuentra dentro de una extensa zona de veda para su explotación, que abarca los valles de Querétaro, San Juan del Río, Tequisquiapan y gran parte del Estado de México. Es importante destacar que en esta región la veda es de tipo flexible, lo que permite aumentar los volúmenes de extracción durante los años de lluvias. Esto implica que la extracción de agua del subsuelo cercano a las áreas urbanas actuales no será viable o se convertirá en un problema crucial a corto plazo (Cruz Martínez, García García, 2016).

Aunado al panorama anterior, Atlacomulco ha experimentado un acelerado y continuo crecimiento urbano durante las últimas décadas que ha intensificado el consumo del vital líquido. Este crecimiento demográfico aumentó significativamente a partir de los años cincuenta; acentuándose en los años ochenta (INEGI, 2020). Atlacomulco de ser un municipio expulsor de población pasó a ser un municipio receptor. En el año de 1950 la cabecera Atlacomulco de Fabela albergaba 584 habitantes, para 1990 alcanzó 13,475

habitantes. Entre 1990 y 1996 tuvo un índice de crecimiento de 4.1% siendo que la media nacional fue de 2%, entre 2000 y 2005 de 0.2%, para 2010 el total de habitantes era de 25,125 representando el 26.81% de la población municipal. Actualmente y de acuerdo con el último Censo de Población y Vivienda del INEGI (2020), la población municipal es de 109,384 personas mientras que en la cabecera municipal es de 23,219 habitantes que representan un 21.22% del total. Su densidad de población es igual a 362.2 personas por kilómetro cuadrado, proporción debajo de la media estatal de 679 habitantes por kilómetro cuadrado (IEEM, 2016).

Por otro lado, según CONEVAL; el índice de rezago social es “bajo” siendo negativo (-0.48033), lo que coloca al municipio en el lugar 1540 en el contexto nacional, a pesar de que la región se distingue por una alta marginación, Atlacomulco tiene una alta participación económica y por tanto una baja marginación posicionándose hoy en día como el líder de la Región II del Estado de México.

Estas condiciones de acelerado crecimiento demográfico y bajo rezago social han estado determinadas por diversas situaciones que las han favorecido y que a la vez ha traído mayor necesidad de agua. Entre ellas la oferta educativa, el ímpetu industrial con el establecimiento de la zona industrial y la oportunidad habitacional enmarcadas en programas como el de las Ciudades Bicentenario (2008).

Los orígenes industriales se sitúan en 1978, momento en que se establece y construye la zona industrial Atlacomulco (Parque industrial Santa Bárbara) considerada *muy grande* con 232 hectáreas (Figura 5), en las que están instaladas 37 empresas con diferentes giros: Química, Farmacéutica, Manufacturera y Textil, de la cuales nueve son micro, 16 son pequeñas, 16 son medianas y siete son grandes. Ha sido impulsada por el Fideicomiso para el desarrollo de Parques y Zonas Industriales (FIDEPAR) (López Lagunas, 2015, pp. 73, 80). Cabe destacar que esta zona industrial se ubica junto al río Lerma y tiene su propio pozo de abastecimiento de agua potable administrado por el Organismo Descentralizado de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de Atlacomulco (ODAPASA, 2010).



Figura 5 Parque industrial Santa Bárbara
Fuente: Google maps (2022)

En el 2008 se integra al programa de Ciudades Bicentenario, cuyo objetivo fue un desarrollo urbano, económico, social y de protección al medio ambiente de alcances multimillonarios. A Atlacomulco se le asignó un perfil industrial tomando en cuenta factores como ubicación, accesibilidad, perfil económico, función en su región con lo que se le identificó como adecuada para impactar a nivel regional. Las Ciudades Bicentenario se plantearon como “una visión de ciudades modelo, autosuficientes, debidamente estructuradas, ambientalmente sustentables y altamente competitivas, en horizontes de mediano y largo plazo” (Secretaría de Desarrollo Urbano del Estado de México, 2008).

Para el caso de estudio se propusieron 21 proyectos de alto impacto (Figura 6) cuyo principal objetivo fue el impulso económico dejando de lado las buenas intenciones sociales y, medio ambientales. Dentro de esos 21 proyectos se encuentra la dotación de al menos 38,400 viviendas, que requerirían la cobertura mínima de los servicios básicos (Segura, Garduño, 2017; p.84)

Según información proporcionada por el Organismo Descentralizado de Agua Potable,

Uso de Suelo

- Habitacional
- Industria
- Centro Urbano
- Cuerpo de Agua
- Agrícola
- Equipamiento
- Bosque ó Parque
- Plan Parcial
- Zona Federal

Simbología

- Limite Estatal
- Limite Municipal
- Validad Regional
- Línea de Energía Eléctrica
- Ducto de Pemex
- Via del F.F.C.C.
- Validad Primaria
- Traza Urbana
- Rio

CIUDAD BICENTENARIO ATLACOMULCO

El municipio de Atlacomulco cuenta con una extracción de 276 lts/seg operando 13 horas al día, es decir, un total de extracción de 12,916,800 litros de agua al día de los cuales 7,455,246 litros son destinados al uso industrial mientras que para la cobertura doméstica se cuenta con 5,461,550 litros, cantidad que presenta un déficit de 10,090,440 litros (Segura, Garduño, 2017; p.93), lo que muestra una seria situación pues la extracción es insuficiente para satisfacer las necesidades de la población que recibe en promedio 58.27 litros de agua al día de los 180 lts/seg necesarios. Cantidad que seguirá decreciendo por el aumento de la urbanización y la población exponencial.

36

todas las ciudades. Es interesante considerar el nombre de la ciudad que con la dominación del pueblo azteca se designó en náhuatl como Atlacomulco, compuesto de atl; agua, tlacomulli; barranco, hoyo o pozo, y co; en, que quiere decir “En los pozos”. Al observar las evidencias del proceso de crecimiento urbano se infiere que la ciudad primera contenía en su lógica la presencia de cuerpos de aguas denominados jagüeyes que no son más que ollas de agua también conocidos como aljibes; depresiones sobre el terreno que permiten almacenar agua proveniente de escurrimientos superficiales (Figura 7).



Figura 7 Jagüey en el centro de Atlacomulco de Fabela, años 20
Fuente: Archivo municipal con intervención propia S.C.R.M (2022)

Con el crecimiento demográfico ya descrito, el núcleo original de la ciudad se modificó desdibujando la presencia de estos elementos en la trama espacial y de los planes de desarrollo trayendo consigo las consecuencias ya explicadas. El urbanismo debe considerar con cuidado los aspectos hidrológicos en la planeación urbana para asegurar que el sistema natural no sea trastornado de forma severa, porque de hacerlo así, la seguridad de los habitantes se verá comprometida. (Gleason, 2017)

Se están acabando con las bases naturales que dan soporte de vida para privilegiar la

urbanización. A nivel de gestión del territorio, las ciudades siguen siendo un factor de presión y deterioro en cambios de uso de suelo y destrucción de ecosistemas. Es importante que las políticas urbanas reconsideren fundamental la integración del agua en el diseño de la ciudad para prevenir los mencionados acontecimientos de riesgo para el crecimiento inteligente de las ciudades, pero no mediante una infraestructura tradicional que puede resultar costosa y poco práctica en algunos contextos, sino mediante un modelo de ciudad sensible al agua que le otorgue valor a prácticas de tecnología social mediante infraestructura verde de bajo impacto, costo y mantenimiento y sobre todo apropiadas para el área urbana según sus cualidades y potencialidades.

Hoy en día, el paradigma de la ciudad inteligente se plantea como un modelo de desarrollo urbano que asegure un manejo adecuado de sus recursos mediante propuestas de acción que optimicen los procesos de gestión integral. Sin embargo; según los expertos, la mayor inversión Smart se destina a Transporte, Movilidad, Servicios Urbanos y Gestión del tráfico (Arce, 2017) con lo que se evidencia que el agua y su gestión social no ha sido un tema para la acción además de estar concentradas en el uso de las tecnologías de la información. Si bien la pertinencia de ejecución infiere la particularización de las acciones para permitir que el plan del modelo sea eficiente y real, deben ser acciones integradas y que no terminen en un proyecto inalcanzable y sobre todo alejado de la sociedad a la que sirve.

En el caso del contexto internacional hay diversos ejemplos de ciudades inteligentes que tienen como común ser grandes proyectos y muchos de ellos de nueva creación, pero no estas no son condiciones pues tanto para nuevos núcleos, como para ciudades centenarias, los principios del crecimiento inteligente se demuestran básicos para alcanzar los retos y objetivos mínimos de sostenibilidad actuales. Arce (2017), apunta que el tamaño de la ciudad no es un aspecto relevante para realizar con éxito la transformación hacia la ciudad inteligente, aunque, según su estudio, el tamaño más idóneo para realizarlo con éxito es de 100.000 a 500.000 habitantes.

Diversos esfuerzos de intervención en las ciudades con respecto al manejo de agua de lluvia forman parte de un plan de acción hacia una ciudad inteligente, integrando elementos

puntuales o particulares con la intención de conformar un fin general; un sistema a largo plazo. Entre estos esfuerzos encontramos casos en Estados Unidos, Japón, Inglaterra, Australia e incluso en México que indican que la consideración del ciclo del agua en su fase de precipitación en el desarrollo urbano constituye una solución eficiente al convertirse en una medida amigable, económica y ecológica (Hyoungjun et al., 2012); principalmente implementando instalaciones de infiltración para beneficiar la recarga de aguas subterráneas y, por lo tanto, la restauración del ciclo hidrológico en las zonas urbanas.

Las corrientes de pensamiento que abordan la planeación urbana en relación con el manejo de agua de lluvia mediante la tecnología social son el Diseño Urbano Sensible al Agua (WSUD); surgido en Australia (Mouritz, 1992) y el Desarrollo de Bajo Impacto (LID); impulsado en Inglaterra (Van Roon & Van Roon, 2005). Ambos plantean modelos de desarrollo en los que se integra la gestión del ciclo del agua con el entorno construido a través de la planeación y el diseño urbano; combinando la infraestructura física y manejo integrado del agua urbana, junto con sistemas sociales, gobernanza y compromiso social, con el objetivo de crear una ciudad en la que las conexiones que las personas tienen con su infraestructura y servicios de agua mejoren su valor y calidad de vida (Wong, 2001).

Se pueden mencionar los casos de Madrid y Barcelona, ciudades pioneras en el manejo de agua de lluvia dada su condición de fuertes periodos de sequía que las ha llevado a aprovechar eficientemente los recursos hídricos, siendo un factor importante la planificación urbanística de sus ciudades. Algunas prácticas que las diferencian son los sistemas de gestión de los recursos hídricos avanzados, iniciativas de sustitución del agua potable por agua regenerada o agua freática para los servicios de riego de parques y jardines, baldeo, limpieza viaria o del alcantarillado, así como la construcción de depósitos de aguas pluviales para la protección frente inundaciones urbanas y regulación de vertidos contaminantes al medio.

Singapur, por otro lado, implementó desde 1991 un plan de infraestructura verde que promovió una red verde a lo largo de toda la isla mediante la integración de parques con corredores naturales y una recalificación del agua. Con un área de aproximadamente 710 km² y áreas urbanas en crecimiento, Singapur carece del espacio para recolectar y almacenar toda

la lluvia que cae sobre ella; desde 2011 el área de captación de agua ha incrementado hasta dos tercios de la superficie terrestre de Singapur mediante una red de ríos, canales y desagües, la lluvia que cae se canaliza a 17 embalses convirtiéndola en uno de los pocos países del mundo que maneja aguas pluviales urbanas a gran escala.

En la Ciudad de México, desde el 2003 ha iniciado el camino de la captación de agua de lluvia como una parte integral y central de su manejo de agua, volviéndose la primera ciudad en el mundo que adopta la cosecha de agua de lluvia como un modelo de gestión del recurso, como una fuente alternativa de agua para la disminución de los escurrimientos pluviales, lo que provoca una estrategia masiva de gestión pluvial que genera fuentes alternativas de agua, promueve la reutilización de aguas en servicios no potables, reduce la demanda de agua en los inmuebles, promueve la restitución hídrica del agua pluvial al subsuelo, reduce las inundaciones y erosión del suelo, minimiza el impacto de la construcción en el ciclo hidrológico, disminuye los hundimientos, las inundaciones y permite mantener el acuífero. En el año 2020 se emitió una Guía Técnica para la Elaboración de Sistemas Alternativos publicada por el Sistema de Aguas de la Ciudad de México con el fin de proveer de un camino de acción a la ciudadanía y a la misma ciudad.

En el ámbito municipal, en México ya existen distintos ejemplos de incorporación de infraestructura verde en la normatividad de desarrollo urbano, como por ejemplo el Plan Municipal de Infraestructura Verde de Mérida (2018-2021) o el Manual de Lineamientos de Diseño de Infraestructura Verde para Municipios Mexicanos elaborado por el IMPLAN Hermosillo (2015-2018), entre otros instrumentos que cada vez más, los gobiernos locales y estatales requieren diseñar, promover y ejecutar para anticiparse a condiciones de agotamiento y crisis asociados a la urbanización y a los nuevos desarrollos.

Con base en lo anteriormente expuesto, Atlacomulco representa una zona de estudio de alto interés debido a su importancia regional, sus fortalezas contextuales, su relación histórica con el agua y sus riesgos evidentes que evidencian la necesidad de un plan de crecimiento inteligente acorde con la sostenibilidad urbana.

Lo cual, además; es reflejo de que la planeación de las ciudades no considera el agua como

eje rector del desarrollo urbano lo que genera riesgos para las mismas siendo necesaria la actualización del paradigma urbano del Siglo XXI hacia un crecimiento inteligente.

C. Justificación

El presente proyecto de investigación tiene como primer objeto de estudio el agua como elemento rector de la planeación urbana y, como consecuencia de éste, al desarrollo de la ciudad hacia un modelo de ciudad inteligente que cambie su paradigma tecnológico-económico hacia uno más social-ambiental integrando las fortalezas de la ciudad; su ubicación, la precipitación anual considerable, su relación histórico-social con el agua y con el habitante según el tamaño de la población y perfil urbano. Son estos ejes de la investigación los que se aportarán al campo de la epistemología del urbanismo al relacionarse: planeación urbana, agua urbana y ciudad inteligente.

Manejar el agua urbana responde a una exigencia del contexto actual en el que una ciudad debe ser eficiente en todos los niveles y áreas de servicios que satisface y presta a sus ciudadanos y a todos los agentes y sectores económicos que se mueven en torno a ella, siempre mediante la premisa de que los recursos con los que cuenta una ciudad son limitados y por tanto es menester que sean gestionados con eficacia para alcanzar niveles de calidad adecuados para su ciudadanía.

Cuando los ciudadanos participan y se apropian de los procesos de su ciudad, en este caso del manejo de agua, se adquiere una relación directa con estos. Sensibilizar a las ciudades, a sus autoridades y ciudadanos, en el manejo del agua por medio de prácticas sociales y no convencionales o tan tecnológicas que dejen de ser suyas, constituye un gran paso hacia la dirección correcta pues brinda una posibilidad de mayor gestión de un recurso que hoy en la mayoría de las ciudades se integra a las redes de recolección sanitaria volviéndolo inservible de un momento a otro.

En este sentido se proponen algunas interrogantes sobre las cuales se trabajará en la generación de conocimiento teórico; ¿Cómo transitar a ser una ciudad inteligente que maneje

el agua? ¿Qué impactos ha tenido el hecho de que la ciudad omita el ciclo del agua en el desarrollo urbano? ¿Cuál es y cómo ejercer el potencial del diseño urbano sensible al agua? ¿Cómo aplicar los principios de crecimiento inteligente mediante la tecnología social en una localidad existente y de densidad intermedia?

Metodológicamente esta investigación, se basa en lo que la ONU Hábitat (2015) considera necesario identificar para determinar un plan de crecimiento inteligente, aportará los criterios del perfil urbano a evaluar y considerar, entre ellos; las capacidades y fortalezas contextuales, así como el reconocimiento de los impactos y riesgos, cualidades que trazarán un camino a seguir por la ciudad en formación y su planeación con respecto a uno o varios esquemas adecuados con el fin de prever y anticipar situaciones en el territorio contribuyendo a la habitabilidad, sostenibilidad y al potencial económico de una ciudad. La pregunta por responder en este sentido plantea ¿Qué ciudad es adecuada para ser diseñada sensiblemente al agua? ¿Puede Atlacomulco de Fabela, Estado de México, ¿ser una ciudad inteligente al considerar el agua como eje de planeación y por lo tanto de desarrollo urbano?

De forma empírica se observa que el caso de estudio elegido presenta las condiciones adecuadas para integrar el manejo de agua y formular un modelo hacia una ciudad inteligente. Anteriormente, se describió la ubicación y el riesgo de inundaciones, su relación histórico-social con el agua y el tamaño de la población y perfil urbano.

A partir de estas características y hechos de la ciudad; el presente proyecto tiene como finalidad aportar un estudio sustentado que permita rescatar la lógica de diseño original con respecto al agua con la intención de llevarla hacia un crecimiento inteligente; un plan de acción a largo plazo partiendo de la integración de la tecnología social con respecto al manejo de agua. Esta propuesta y análisis ofrecerá una visión sostenible de ciudad con miras al esquema de la ciudad inteligente que le permita ejercer una planeación integrada, pensada y controlada sin tener que esperar a que la expansión sea superior y los problemas urbanos se agraven.

La investigación parte del componente social como un parámetro básico de la ciudad

inteligente; al considerar que los ciudadanos deben ser el centro de la acción al verse beneficiados; más no usuarios, por poner en marcha un manejo responsable del agua. Esto traerá a su vez beneficios para la actividad económica que se sabe consume altos volúmenes de agua y que en el futuro requerirán una dotación asegurada para seguir produciendo.

Con base en lo expuesto, se propone emitir lineamientos y/o directrices para acercar a Atlacomulco de Fabela a un modelo de crecimiento inteligente mediante criterios sociales, ambientales y económicos aportando una línea de análisis y desarrollo de la ciudad al abordarla desde otra perspectiva tecnológica.

D. Preguntas de investigación

Esta investigación parte de la pregunta: ¿Por qué la sensibilidad al agua no ha sido y debe ser considerada para la planeación y el desarrollo de una ciudad inteligente? que a su vez se sustenta de las siguientes preguntas particulares:

- ¿La planeación del Siglo XX y XXI considera el agua como parte de desarrollo urbano?
- ¿La planeación urbana y la planeación hídrica consideran al recurso hídrico en relación con el desarrollo urbano?
- ¿Atlacomulco de Fabela, Estado de México ha considerado al agua con un elemento en su planeación urbana?
- ¿Cómo debe ser la planeación hídrica pluvial para un Desarrollo Urbano Inteligente Sensible al Agua?
- ¿Cuáles deben ser los lineamientos de la planeación urbana hídrica pluvial que construya el modelo de Desarrollo Urbano Inteligente Sensible al Agua?
- ¿Cuáles deben ser los ejes, estrategias, líneas de acción y actores del modelo de Desarrollo Urbano Inteligente Sensible al Agua (DUISA) para Atlacomulco de Fabela, México?

E. Objetivos

GENERAL:

- Proponer un modelo de desarrollo urbano inteligente sensible al agua que responda a las necesidades del Siglo XXI en Atlacomulco de Fabela, México

ESPECÍFICOS:

- Discutir los modelos de planeación urbana y gestión de agua pluvial del Siglo XX y XXI identificando si el recurso hídrico pluvial se ha incorporado en los procesos de desarrollo urbano
- Analizar los principales instrumentos normativos de la planeación urbana y la planeación hídrica en México para develar sus principios que guían las estrategias aplicadas en el desarrollo urbano
- Caracterizar Atlacomulco de Fabela, México, su planeación urbana y gestión de agua durante el Siglo XX y XXI identificando sus fortalezas y debilidades
- Proponer las dimensiones, subdimensiones, indicadores e índices de la planeación urbana hídrica pluvial para que sean el insumo del modelo de Desarrollo Urbano Inteligente Sensible al Agua
- Definir los lineamientos de la planeación urbana hídrica pluvial que construya el modelo de Desarrollo Urbano Inteligente Sensible al Agua (DUISA) para Atlacomulco de Fabela, México
- Diseñar los ejes, estrategias, líneas de acción y actores del modelo de Desarrollo Urbano Inteligente Sensible al Agua (DUISA) para Atlacomulco de Fabela, México



Capítulo 1. Interrelaciones teóricas para el Desarrollo Urbano Inteligente Sensible al Agua (DUISA)

Este primer capítulo desarrolla el marco teórico y corresponde al primer objetivo de la investigación que es discutir los modelos de planeación urbana y gestión de agua pluvial del Siglo XX y XXI identificando si el recurso hídrico pluvial se ha incorporado en los procesos de desarrollo urbano.

La pregunta aquí es si ¿La planeación del Siglo XX y XXI considera el agua como parte del desarrollo urbano? Para responderla el capítulo se estructura en cuatro partes. La primera presenta una mirada crítica sobre la planeación en el Siglo XX y XXI en América Latina, México y particularmente en el Estado de México, como el instrumento para ejecutar el desarrollo urbano con una vocación socioeconómica que obvió; llegando incluso a omitir, los recursos naturales y sus ciclos ambientales; específica y especialmente para el interés de esta investigación, el agua, la cual se ha considerado como uno más de los *inputs* de la ciudad, más no como el recurso vital y limitado que es.

La segunda parte discute este modelo planeación para el desarrollo urbano desde sus orígenes, destacando como conclusión para el aporte epistemológico tres elementos; el plan y su estrategia, la tecnología y su innovación y la escala y aptitud territorial.

La tercera sección comprende una reflexión acerca del papel del agua para la vida y para el desarrollo urbano.

Finalmente, en un cuarto apartado se plantea la propuesta de un modelo de desarrollo urbano inteligente sensible al agua; resultado de la argumentación de los apartados anteriormente mencionados.

1.1 La planeación para el desarrollo de las ciudades desde una mirada crítica

La planeación urbana es, a partir del Siglo XX, la manera en la que se logra concretar el esfuerzo de organizar el espacio y permitir el correcto desarrollo urbano. Su origen se encuentra en el contexto de la Ilustración, un período en el que los planificadores idealizaron

la ciudad y, a través de ella, una sociedad mejor, imponiendo sobre las dinámicas de las fuerzas sociales una fuerte carga racional y la suposición de que el conocimiento tenía como propósito prever.

Se subrayó una visión integral basada en los principios de la lógica, el orden, la ciencia y la racionalidad, junto con la creencia en una intervención pública eficaz para promover el bienestar común. En este sentido, planear se convierte en la herramienta que controla los movimientos dentro de la ciudad, con el fin de prevenir el desorden y el caos, organizando y orientando el desarrollo urbano.

Por su parte, Freestone y Hall, citados por (Gutiérrez, 2018), señalan que la planeación urbana moderna surge a finales del Siglo XIX como una respuesta a los problemas observados en la naciente ciudad industrial. Así mismo, Garza, citado en (Rosas Ferrusca, Rogel Fajardo, & Colín Plata, 2016), refuerza esta idea mencionando que para el Siglo XX, a la par de la industrialización se da el crecimiento acelerado de población y como consecuencia de éste; el crecimiento de los centros urbanos, posicionando a la planeación como objeto de múltiples debates que intentan explicar el tránsito de lo rural a lo urbano y los retos de las ciudades que se encontraban en consolidación.

La planificación urbana presume considerar fenómenos parciales que se integran en la totalidad urbana, con el fin de dirigir y modelar el porvenir de la ciudad, además de dar un orden al espacio siguiendo un criterio que ayude a solucionar las necesidades futuras que se lleguen a presentar en él. Para esto, la planeación implica desplegar los recursos materiales e inmateriales necesarios, así como la generación de acuerdos, la solución de conflictos y “la gestión integral y permanente de la comunicación y de las relaciones ente los sujetos (individuales y colectivos) participantes” (Cuervo González, 2017, pág. 13).

Sin embargo, Ledrut, citado por Díaz de León; “asevera que la planificación urbana es un medio de control social de orden urbano y su objeto de estudio son los mecanismos y procesos sociales que modifican la ciudad” (Díaz de León, 2008, pág. 61). Esta idea devela lo que a su vez argumenta Marnet & Jorg acerca de que otro elemento que contribuyó al

fortalecimiento de la idea de la planificación fue el reconocimiento de la importancia que (...) “la planificación misma ha tenido en la aceleración del proceso de desarrollo en otras regiones del mundo. Ese ha sido el caso de la reconstrucción y expansión de posguerra de algunos países capitalistas como Francia, Italia, Japón, los Países Bajos, los países escandinavos, y de los países socialistas, y de algunas naciones subdesarrolladas como Egipto, la India, y Pakistán” (Marnet & Jorg, 2012, pág. 59).

El mismo autor plantea que “las primeras experiencias recogidas, salvo en algunos casos, registran más que un esfuerzo para utilizar los planes con fines deliberados de cambio, una marcada tendencia a constituirlos en medios de racionalización y coordinación formal de la política de desarrollo” (Marnet & Jorg, 2012, pág. 55). Complementa la idea afirmando que “el fruto de esta labor se ha concretado no sólo en la elaboración de planes, sino también en la creación de algunos órganos y mecanismos para llevarlos a la práctica” (Marnet & Jorg, 2012, pág. 26).

En América Latina, este enfoque de desarrollo, tan presente en la planeación, nunca logró afianzarse, principalmente debido a la falta de un impulso similar hacia el aspecto tecnológico en comparación con el crecimiento económico. Retomando a Rostow (1990), analizado en (Almandoz, 2008), se observa que la industrialización está vinculada al crecimiento económico, lo cual, a su vez, se conecta con el desarrollo. En otras palabras, el desarrollo depende de un conjunto basado en el dominio tecnológico (industrialización), urbanización y modernización (transición).

El mismo autor, para explicar esta relación, propone estadios de desarrollo de la sociedad tradicional, los cuales comienzan con su modernización. Lo primero en suceder, según explica, es el periodo transicional en el que se crean las condiciones para el despegue que viene generalmente con la intrusión de algún poder extranjero. Lo segundo es el despegue al desarrollo o *take off*, que requiere de un largo y profundo proceso de cambios económicos, sociales y políticos entre los que destaca la difusión de tecnología, el aumento de la tasa de crecimiento y por consecuencia el incremento al consumo per cápita y la ampliación del gasto en bienestar social sin caer en el excesivo crecimiento de la burocracia estatal. El siguiente

estado es el empuje a la madurez o *drive to maturity*; principalmente en el ámbito económico, aunque también social y político; un bienestar sostenido que debe mantenerse por al menos dos generaciones para su desarrollo permanente, aquí el dominio tecnológico (industrialización) es vital. Finalmente, se llegaría al estado de bienestar en donde la economía es ya madura, la provisión de bienes de consumo es duradera y se cuenta con los servicios para la población crecientemente urbana y después suburbana.

En esta secuencia propuesta y en comparativa con el caso latinoamericano, Almandoz (2008) reflexiona que es justamente la urbanización y su desbalance con el desarrollo industrial lo que explica la cuestión del despegue sin madurez a lo largo del Siglo XX. Ya que si bien la primera fase transicional se cumplió en los países de América Latina; principalmente en los años ochenta al ver la intervención de organismos como el Fondo Monetario Internacional (FMI) y el Banco Mundial (BM) (Almandoz, 2008); la dinámica de la industrialización y, por tanto, la madurez económica, se dieron muy posteriormente al crecimiento demográfico y urbano. Sucedió que las economías latinoamericanas se desarrollaron principalmente en el ámbito agrario o minero con bajos porcentajes de participación industrial haciendo que los estados comenzaran a adaptarse a las demandas de la rápida urbanización que traía consigo una relativa e idealizada bonanza y superación de conflictos que se arrastraban desde la época poscolonial (Figura 8).

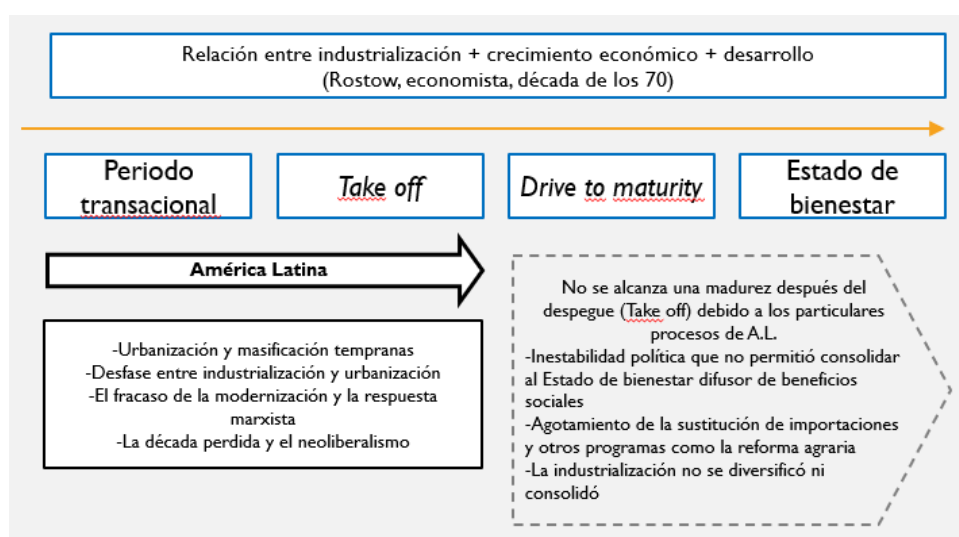


Figura 8 Estadios de desarrollo de la sociedad tradicional que comienza su modernización

Fuente: Elaboración propia S.C.R.M (2022) basado en (Almandoz, 2008).

Aunque la planificación se implementó para abordar la necesidad de racionalizar el proceso de organización y orientar el perfil de desarrollo, que como se mencionó, estaba centrado en lo industrial y económico, desde sus inicios fue un instrumento vinculado a objetivos muy ambiciosos y enmarcado en una visión optimista, lo que generó grandes expectativas. No obstante, con el tiempo se demostró su ineficacia frente a los objetivos establecidos, lo que provocó una crisis desde la década de 1970. A pesar de la abundante discusión y análisis sobre el tema hasta el día de hoy, no parece estar agotado; por el contrario, sigue siendo crucial entender el camino recorrido para seguir avanzando en la discusión sobre el alcance y las perspectivas de la planeación en nuestras ciudades.

Es crucial señalar la insostenibilidad del modelo de planificación, ya que, como se mencionó, su objetivo principal se centró en el desarrollo económico y político, dejando de lado el aspecto ambiental. En ese entonces, los recursos naturales se veían como inagotables o simplemente como materias primas para el impulso de las actividades económicas. Maimunah Mohd Sharif, directora ejecutiva de la ONU-Hábitat, señala que debemos empezar a reconocer que el modelo previo a 2020 fue, en muchos aspectos, insostenible en términos de desarrollo urbano.

1.2 Planeación para el desarrollo de América Latina y México

Como ya se ha introducido, para América Latina el Siglo XX se caracterizó por una serie de propuestas de política para el desarrollo que respondieron a las condiciones posteriores a la Segunda Guerra Mundial y con notorios efectos sociales producto del desarrollo económico y la necesidad de emplear formas de planificación que racionalizaran y coordinaran la política imperante. Esta política se sustentó en un enfoque global para abordar los temas relacionados con el desarrollo económico e industrial, lo que implicaba la realización de tareas y actividades por parte de diversas instituciones y organismos del Estado, con el objetivo explícito de crear un sistema, ya sea formal o informal, y un proceso de planeación.

La agenda urbana de las tres primeras décadas del Siglo XX se desarrolló con respecto a las

reformas higiénicas y habitacionales de los centros históricos completadas por suburbios residenciales para la burguesía. Para los años cincuenta, siendo que más de la mitad de la población vive ya en centros urbanos, que presentan un significativo crecimiento industrial en medio de la urbanización, se da una agenda común de desarrollismo que se respalda con la creación de agencias internacionales como la Organización de Estados Americanos (OEA) y la Comisión Económica para América Latina (CEPAL), ambas patrocinadas por las Naciones Unidas y auspiciada por los intereses estadounidenses en la explotación primaria e industrial de la región.

La visión de la CEPAL en estos momentos ubica al desarrollo como “aquellas capacidades de una sociedad determinada para, de un lado, formularse una representación colectiva, una idea socialmente construida de un estado deseado, de un deber ser, una aspiración de bien común; y del otro, desplegar los medios, materiales e inmateriales, para su consecución” (Cuervo González, 2017, pág. 14).

Para 1960 e inicios de 1970, toma fuerza el Instituto Latinoamericano y del Caribe de Planificación Económica y Social (ILPES), instituyendo a la planeación como instrumento fundamental de las políticas públicas y de las estrategias de desarrollo de los estados latinoamericanos de la época. Este instituto y su influencia fueron decisivos para el rumbo del progreso en la región, “pues se consolidó la noción de que era necesario pasar de la etapa de especialización productiva en bienes primarios o de baja transformación industrial, a otra en que la industria manufacturera fuera el motor del crecimiento y el desarrollo” (Marnet & Jorg, 2012, pág. 6).

Esta perspectiva fue la que impulsó la creación de sistemas de planificación en los países latinoamericanos. “Se trataba ya no sólo de formular planes de desarrollo con metas globales y sectoriales, sino también de elaborar los elementos y diseñar los mecanismos que vinculen estos planes en forma más directa con las decisiones económicas y sociales. Por ello, se organizaron en varios países oficinas centrales de planificación, se elaboraron planes de inversiones públicas y presupuestos por programa y se crearon en algunos casos otros mecanismos parciales” (Marnet & Jorg, 2012, pág. 25) con lo que se implanta partiendo

plaza; la idea de la planificación.

Sin embargo, aunque los principales centros urbanos estaban en camino a la industrialización y urbanización, existían profundas distorsiones pues se generó una “superurbanización” en la que la población que había migrado a las ciudades se comenzó a ver improductiva y terminó habitando en barrios no establecidos dependiendo de la economía informal. La industrialización no se diversifica ni consolida debido principalmente a las desigualdades sociales, a la debilidad económica regional y la desventaja de las manufacturas latinoamericanas para competir internacionalmente. El desempleo urbano aumentó engrosando la pobreza urbana, acrecentando el sector terciario y la economía informal, así como motivando la proliferación de asentamientos no controlados y menos planeados.

En los años ochenta, un período que algunos autores han denominado "la década perdida", se evidenció una creciente dependencia de agencias internacionales, como el Fondo Monetario Internacional (FMI) y el Banco Mundial (BM), que impusieron las recomendaciones económicas y sociales a seguir por los países ya endeudados. Esta situación produjo más desastres pues, al ser introducidas las reformas tarde, no pudieron disminuir las desigualdades sociales, sino más bien se incrementan la pobreza y la criminalidad, se agrava la invasión del espacio público por vendedores ambulantes, se establecen los barrios cerrados, hay una segregación y falta de raciocinio en el crecimiento de la ciudad acompañada del detrimento de servicios y deterioro de infraestructuras. Todo esto llevó a un desequilibrio y falta de control en el desarrollo urbano que hoy en día persiste.

Según los particulares procesos latinoamericanos no fue posible alcanzar una madurez después del despegue primeramente por la inestabilidad política que no permitió la consolidación del estado de bienestar difusor de beneficios sociales, además del agotamiento de los programas económicos impuestos y la industrialización no consolidada quedando vetada la posibilidad de tecnificación de la madurez propuesta por Rostow (1990).

En este proceso de desarrollismo, la planeación urbana queda subordinada a los intereses económicos del mismo, lo que influyó en la forma en que se llevó a cabo en cada país de

Latinoamérica. Como resultado, el proceso de urbanización no se distribuye de manera equilibrada y eficiente por el territorio, sino que tiende a concentrarse en puntos específicos. Según menciona la CEPAL “numerosos estudios y analistas apuntan que nunca ha existido el equilibrio urbano, que nunca ha existido un reparto equitativo y equilibrado de la población, pero es que tampoco nunca había existido tanto desequilibrio” (Valicelli & Pecsí, 2002, pág. 35).

Estos crecimientos desmesurados y altamente concentrados han provocado serios problemas ambientales, espaciales, económicos, culturales y sociales en varias ciudades y economías que ya enfrentan condiciones muy precarias. Además, la polarización y concentración de la población urbana impide cualquier posibilidad de equilibrio territorial y urbano, desestabilizando el sistema de asentamientos.

Desde los años noventa, la creciente concentración de la población en grandes aglomeraciones urbanas, el rápido y, en muchas ocasiones, descontrolado crecimiento de las megaciudades, han sido los efectos espaciales más significativos del proceso y las tendencias de la urbanización actual. Lo anterior, dio lugar a un profundo proceso de transformación estructural entrando en crisis el estilo de planeación urbana de carácter estático y con una perspectiva estético-formal al enfrentarse a entornos cada vez más dinámicos que han condicionado notablemente la actuación de la planeación.

De acuerdo con Taylor, mencionado por (Gutiérrez, 2018), son tres las principales características del estilo de planeación urbana hacia la segunda mitad del Siglo XX en Latinoamérica:

- El medio ambiente físico como principal objeto de intervención controlando los usos del suelo y la disposición de elementos físicos en el territorio (zonificación), al margen de las condicionantes sociales, económicas o políticas.
- Tendencia al diseño urbano debido a la influencia de la arquitectura y la ingeniería.
- Su carácter estático al elaborar planes como una suerte de estado final-ideal bajo un conjunto de normas.

En la siguiente Figura (Figura 9) a manera de línea de tiempo; se expresa el desarrollo de la planeación en América Latina que ha sido descrita anteriormente.

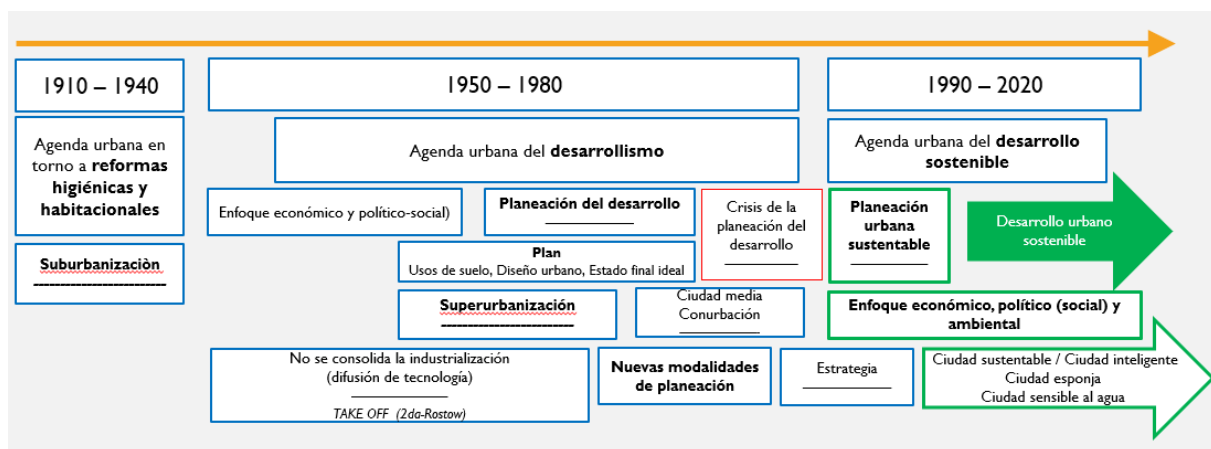


Figura 9 Línea de tiempo del desarrollo urbano en América Latina
Fuente: Elaboración propia S.C.R.M (2022)

Referente al caso de México, la dinámica no ha sido tan diferente. Una de las clasificaciones generales sobre los sucesos relacionados a la planeación es la mencionada por (Rosas Ferrusca, Rogel Fajardo, & Colín Plata, 2016) elaborada por Francisco García Moctezuma (2008), quien los recopila en tres etapas: de 1900-1946 denominada de los orígenes, de 1946 hasta 1982 del estado de bienestar social y la actual; una fase terminal referente a la nombrada economía global. La primera etapa, de los orígenes, se remonta a la construcción del México moderno en el régimen de Porfirio Díaz y con la Ciudad de México como el centro económico, político y demográfico y desde donde se gesta la planeación urbana (Gutiérrez, 2018).

La política de urbanización del Porfiriato planeó transformaciones profundas en la estructura física y social que la ciudad había heredado durante más de tres siglos de tradición española, reflejada en su trazado reticulado con la plaza como elemento clave del espacio. También se modificó la visión que se tenía como símbolo, basada en la noción de orden y progreso. El resultado fue un proceso de crecimiento que “provocó que el uso del suelo se hiciera más intensivo en detrimento de la calidad de vida de la población al impactar básicamente en la dotación de servicios” (Gutiérrez, 2018, pág. 105) y en la deficiencia de los elementos de infraestructura urbana, situación que en gran medida es imputable a la ineficiencia municipal

en la gestión de la ciudad.

Esta situación llevó a los ayuntamientos a la adopción gradual de la planeación urbana como herramienta de intervención desde las instituciones en la ciudad, planeación que se caracterizará por un estilo basado en el sentido común y que dio cabida a la saturación y expansión de la ciudad.

A la par y durante años posteriores, se cristalizaron importantes iniciativas del arquitecto Carlos Contreras, considerado como pionero de la planeación urbana en México (Gutiérrez, 2018); entre las cuales destacan la creación de la Asociación Nacional para la Planificación de la República Mexicana (1926) y la fundación de la revista *Planificación* (1927) como su medio de divulgación. Esta nueva perspectiva se centró claramente en lo físico-espacial, incorporando el concepto de zonificación como una estrategia para guiar el crecimiento de la ciudad según las actividades que se desarrollan en ella. La zonificación tenía por objeto definir las áreas en las que se dividiría la ciudad: residencial, comercial e industrial. Así mismo, resaltaría la necesidad de contar con un plano regulador (1930) que estableciera las normas que dirigieran el crecimiento presente y futuro de la ciudad.

Este elemento del plano regulador planteó la necesidad de realizar estudios detallados con el propósito de conocer la situación de la ciudad para que, a partir de sus condiciones particulares, se diseñaran acciones de intervención principalmente en materia de vivienda, infraestructura y servicios urbanos (Gutiérrez, 2018), éste a su vez terminaría dando origen en el primer plan sexenal a nivel nacional (1934-1940) como un instrumento escasamente vinculado con la planeación urbana, sino más bien con una orientación económica y social de la política nacional que resultó con serias dificultades metodológicas y operativas para su ejecución.

La segunda etapa, a partir de la década de los cuarenta y de acuerdo con Luis Unikel (1976), se caracteriza por el proceso de industrialización nacional y el constante crecimiento urbano en las principales ciudades del país, lo que estimuló una paralización de la planeación en pro del pensamiento económico. La industrialización se establece como el principal detonante

del México urbano generando un modelo expansionista del crecimiento urbano incentivado por algunos programas de desarrollo (como el de las cuencas hidrológicas en 1960), que estimularon el desarrollo de las ciudades más industrializadas del país en esos años consolidándose un patrón de crecimiento polinuclear. Desde esta perspectiva se impulsan la creación de parques y ciudades industriales, además de promocionarse centros turísticos e importantes proyectos de desarrollo regional bajo la idea de los polos de desarrollo.

A comienzos de los años sesenta se mantuvo una ideología del desarrollo basada en la gestión pública de arriba hacia abajo, hondamente centralizada y basada en una considerable intervención estatal sobre la base de un conjunto de regulaciones centralmente establecidas, es decir, se institucionaliza la planeación urbana. Entre todas, sobresale la experiencia del Estado de México con la creación del Instituto Acción Urbana e Integración Social (URIS) en 1969, una institución pionera en el análisis y estudio de los problemas urbanos, que más tarde serviría de base para la formación de la Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas (SAHOP) en 1976.

Este momento definiría la política urbana nacional de los siguientes años siendo incluso la realidad actual, lo que define la tercera etapa, que se caracteriza por seguir basándose en un modelo jurídico instrumental que, sin duda alguna, ha sido superado con creces y que da cuenta de la obsoleta forma en que la planeación urbana de nuestro país se desarrolla.

A fines de los setenta (1976), se promulga la Ley General de Asentamientos Humanos la cual marca el arranque de la planeación en México como resultado de la toma de conciencia de la dimensión de los problemas en los procesos de urbanización. Esta ley tuvo como objetivos establecer la concurrencia de los diferentes niveles de gobierno en la ordenación y regulación de los asentamientos humanos, fijar las normas básicas para la fundación, conservación, mejoramiento y crecimiento de los centros de población, y definir los usos y destinos del suelo (Gutiérrez, 2018). Para este momento el Estado de México se coloca como una entidad pionera en la materia de planeación con la creación del Instituto AURIS; un organismo innovador para el análisis y el estudio de los problemas urbanos que elaborara diversos instrumentos como planes, programas y proyectos destinados a regular el crecimiento

demográfico de la época en materia de suelo, vivienda, diseño urbano, obra pública y planeación urbana especialmente. Sin embargo, comenzará a mostrar limitaciones frente a la ausencia de control del crecimiento de las ciudades (escala) que lo llevaría a su desaparición (Gutiérrez, 2018).

En 1978 se aprueba el Plan Nacional de Desarrollo Urbano en el que el gobierno federal participa en la regulación y ordenación de los asentamientos humanos contribuyendo a la formulación del modelo de país que se buscaba ser; su forma y estructura se convierten en el modelo para laborar los planes; logrando de este modo una sistematización que se verá reflejada en el diseño del sistema metodológico de 1981 creado para igualar los procesos de elaboración, instrumentación y operación de planes expresado en el Manual para la elaboración de Planes de Desarrollo Urbano de Centros de Población (PDUCP). Este manual promovió la elaboración de planes en todo el país, bajo un sistema metodológico común, que homologaría el lenguaje en materia de planeación urbana en el contexto nacional. Además, se publicaron una extensa variedad de materiales como guías y manuales técnicos. En el mismo año, la SAHOP desaparece retomando sus funciones la entonces Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (SEDUE) que opera hasta 1992, año en que es sustituida por la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL) que relegó la conducción del desarrollo urbano en aras del combate a la pobreza hasta ser prácticamente inexistente (Gutiérrez, 2018).

A la par de esta acción nacional, en el Estado de México se impulsa de manera importante la planeación urbana al crear la Secretaría de Desarrollo Urbano y Obras Públicas (SEDUOP), a la que se suma la Ley de Asentamientos Humanos del Estado de México (LAHEM) en 1983 (actualizada en 1993 con mayor precisión). Ambas con la intención de responder a la “expresión físico espacial del desarrollo socioeconómico del Estado y su complejo problema” (Gutiérrez, 2018, pág. 149) con la elaboración del primer Plan Estatal de Desarrollo Urbano y numerosos planes de centros de población estratégicos.

En los noventa, y a pesar del debilitamiento del desarrollo urbano, se amplían las atribuciones otorgadas al municipio fortaleciendo la acción local en la materia además de sumar, en el caso del Estado de México, funciones de obra pública transporte, agua, ecología y tenencia

de tierra, para lo que se crean las subsecretarías de Desarrollo Urbano y Vivienda, Equipamiento Urbano e Infraestructura Hidráulica. La actualización de la Ley de Asentamientos Humanos del Estado de México (1993) da pie al Sistema Estatal de Planeación del Desarrollo Urbano (SEPDU) que desarrolla distintos planes como el estatal, el regional metropolitano, los municipales de desarrollo urbano, de centros de población estratégicos, de centros de población y parciales.

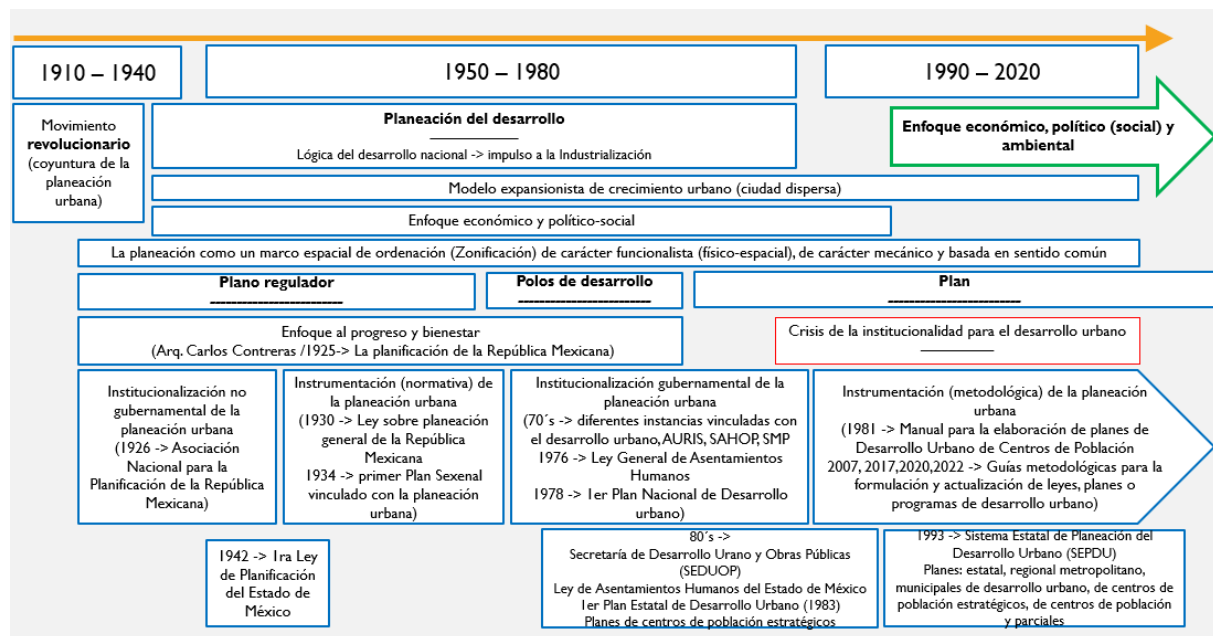


Figura 10 Línea de tiempo del desarrollo urbano en México y Estado de México

Fuente: Elaboración propia S.C.R.M (2022).

De igual forma, al momento, se promueven reformas y programas para elevar la calidad de vida de la población, ejemplo de estas iniciativas emanadas de las dependencias federales es el Programa 100 ciudades en 1992, con el que se buscó el fortalecimiento de las ciudades medias del país.

Entrado el Siglo XXI, en un contexto de debilitamiento de la planeación urbana, el estado mexicano buscó recuperar el control sobre el territorio creando la Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano (SEDATU) en 2013, como instancia responsable de la política nacional urbana, en el Estado de México desaparece la SEDUOP para crearse la Secretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda (SEDUVI), además de sustituirse la LAHEM del 93 por el

Libro V del Código Administrativo del Estado de México referente al Ordenamiento Territorial de los Asentamientos Humanos y el Desarrollo Urbano de los Centros de Población en el 2001, que si bien permitieron generar un gran volumen de planes, no han representado alguna innovación para la planeación, ya que el proceso metodológico sigue la dinámica que viene caracterizándolos desde los años setenta con la guía para su elaboración a pesar de la diferente y particular realidad de los asentamientos humanos (Figura 10).

Actualmente esta dependencia se denomina Secretaría de Desarrollo Urbano y Obra (SEDUO) y en 2019, realizó la actualización del Plan Estatal de Desarrollo Urbano del Estado de México y recientemente, en noviembre del 2022 el Programa Metropolitano para la Zona Metropolitana del Valle de Toluca.

En resumen, como se ha reflexionado, la planificación en América Latina y México ha sido impulsada por los intereses económicos e industriales en las ciudades, subordinando a estos intereses las decisiones sobre la organización del espacio urbano, basadas en la función a través del uso del suelo y resueltas mediante guías obsoletas para su desarrollo. En el primer cuarto del Siglo XXI esta forma de desarrollo resulta rebasado por las realidades y necesidades de las ciudades de la región, por lo que hoy, según lo menciona Cuervo González “hablar de la planeación para el desarrollo implica interesarse no solamente por la evolución de las ideas, las teorías y los paradigmas, sino también; y principalmente, adentrarse en los procesos, en comprender las dinámicas de cambio social para así intentar identificar el papel, las ventajas y las posibles limitaciones” (Cuervo González, 2017, pág. 13)

Podría entonces concluirse que es un error la pretensión de planificar las ciudades basándonos en su desarrollo histórico en la región, sin embargo, resulta más positivo el buscar rescatar la esencia del sentido de planificar las ciudades, pero considerando sus problemáticas actuales principalmente en temas locales destacando los ambientales, sociales en cuanto a la atención de riesgos urbanos y de innovación para su apropiación y aplicación; que han sido omitidos o postergados por los procesos aquí descritos y que se han agudizado independientemente del nivel de desarrollo de los países. “De la planificación se dice tanto que se trata de un obstáculo que ha legado el estatismo urbano, practicado hasta ahora por el Estado, como que se trata de una tarea futura de creciente urgencia, considerando la evolución actual de los

problemas que aquejan a las ciudades” (Jorda & Simioni, 1998, pág. 25).

Hoy más que nunca es necesario que la actividad de la planeación de los asentamientos humanos prevea los problemas a futuro desde una perspectiva territorial integral de cada ciudad. “Así, está por definirse el papel que jugarán en los estilos emergentes de gestión pública urbana estos dos elementos centrales de la idea original de la planificación: la anticipación del futuro y la visión comprehensiva de la realidad” (Jorda & Simioni, 1998, pág. 29).

Existe, por tanto, la urgencia de proponer una forma de planeación urbana que integre tres elementos encontrados en esta reflexión, que serán fundamento para el modelo de desarrollo urbano que aporte un camino de solución a las condiciones del Siglo XXI y que se desglosa en los siguientes apartados.

El primero de estos elementos y en cuanto la ejecución práctica, es el plan como instrumento que reúna las estrategias más apropiadas y concretas con una visión de hoy a nivel local y con miras anticipadas a un futuro definido por la aptitud territorial del asentamiento. Segundo, corresponde justamente la consideración de esa aptitud, es decir, sus potencialidades que determinan incluso la función o influencia que tiene la ciudad en su región considerando más que factores cuantitativos (dimensión o población); características cualitativas.

Y el tercero, implica la innovación en temas de tecnología que, en la descripción previamente realizada, se evidencia como uno de los puntos débiles en la instauración del proceso de planeación en América Latina y México, y en temas de sostenibilidad que permitan un mejor desempeño de la ciudad y que además, facilite a la población la apropiación de su espacio urbano así como de sus recursos; al tener la posibilidad de conocer cómo funciona la ciudad y que beneficios se están generando con las intervenciones o procesos particulares de planeación (Figura 11).



Figura 11 Elementos fundamento para el modelo de Desarrollo Urbano Inteligente Sensible al Agua
Fuente: Elaboración propia S.C.R.M (2022).

1.2.1 El plan como estrategia del desarrollo urbano del Siglo XXI

La mencionada acción de orden buscada la idea de la planeación se materializó en los planes urbanos, los cuales se convierten en los “instrumentos que integraron una serie de principios racionales a partir de los cuales la ciudad alcanzaría el orden pretendido” (Gutiérrez, 2018, pág. 44). La Carta de Atenas, patrimonio del urbanismo progresista, atribuida a Le Corbusier, representa el instrumento coyuntural. Sin embargo, existen diversos antecedentes, pues como lo señala Madariaga “la institucionalización de las técnicas urbanísticas que permiten poner en práctica estos programas se inicia en medios administrativos, políticos, legislativos y profesionales desde finales del Siglo XIX en los países de industrialización más temprana. Las primeras ordenanzas municipales de zonificación, que funden la técnica zonificadora con la ordenanza reguladora de la edificación en un único instrumento, en Europa se promulgan en Frankfurt a finales del Siglo XIX, y en Estados Unidos, en Nueva York, en 1916. De principios del Siglo XX son las primeras leyes urbanísticas de numerosos países europeos: Holanda (1901), Reino Unido (1909), Francia (1919)” (Madariaga, 2008, pág. 34).

Estos planes contenían con precisión la configuración espacial (zonificación), los usos de suelo, así como la mencionada visión de futuro de la ciudad, un futuro que fue sumamente idealizado por los planificadores; casi profético, que se caracterizaban por ser inamovibles al admitir rara vez cambios o alternativas; lo que los aleja de las condiciones y realidades locales. Por este motivo, se establecieron como un estilo de intervención estático con una notoria inclinación al diseño y, por lo tanto, con una orientación hacia lo físico-espacial o estético formal ya que históricamente esta disciplina estuvo comandada por arquitectos.

La elaboración de planes, según menciona (Gutiérrez, 2018), se convirtió en una tarea fundamental de los planificadores, sin embargo, refiere así mismo que, Abercrombie (1933) habría advertido que la redacción del plan era sólo una parte del trabajo consistiendo la otra en llevarlo a la práctica, resaltando la omisión imperante de los aspectos dinámicos de la realidad local.

El concepto de planeación no solo implica un método técnico para guiar a los órganos encargados de formular los objetivos y su consistencia, sino también un enfoque administrativo u organizativo que permita la integración de toda la administración pública en el proceso. Esto requería la creación de un sistema de información complejo que proporcionara de manera regular a los órganos planificadores y ejecutivos los datos cualitativos y cuantitativos esenciales para la formulación y seguimiento de los planes.

Este mecanismo de información requerido resultó inexistente en América Latina, Marnet & Jorg, señalan que precisamente son de orden técnico los inconvenientes que se han atribuido con frecuencia el lento y desigual avance de la planificación en América Latina, específicamente a la “falta de personal técnicamente calificado, la precariedad de la información estadística, la insuficiencia de la asistencia técnica internacional, las deficiencias en las propias técnicas de planificación, y otros problemas de esta naturaleza” (Marnet & Jorg, 2012, pág. 61).

Si bien en Latinoamérica “la planificación se estableció como el instrumento fundamental para superar la condición de subdesarrollo” (Marnet & Jorg, 2012, pág. 59) desde la mitad de los años cincuenta “en la medida en que se iniciaban en los distintos países esfuerzos globales y sistemáticos de planificación, esos mismos países contribuían a reforzar el interés por esas tareas y a fortalecer la convicción de que la planificación es a la vez una necesidad ineludible y un instrumento para superar los problemas del subdesarrollo” (Marnet & Jorg, 2012, pág. 58), pero además del componente económico se les dotó de una excesiva carga de valoración política.

Así, es posible observar que en años recientes ha mermado esa connotación, pero no se ha llegado al ideal de considerar al plan como un instrumento que opera al nivel estrictamente técnico y a través del cual los problemas reales del desarrollo podrían resolverse con mayor facilidad y puntualidad si se les diera seguimiento adecuándose a los contextos; resolviendo los problemas particulares.

La planificación requiere de un trabajo permanente, “un sistema de planificación lleva implícito una rutina para formular, controlar y ejecutar planes. El establecimiento de esta rutina no debe dejar de lado el elemento creativo indispensable para interpretar debidamente las condiciones y problemas específicos en que tiene lugar el desarrollo de cada país o región, tanto para formular correctamente los objetivos de largo plazo que se persigan, como para adaptar los planes a circunstancias cambiantes, dotándolo de la flexibilidad necesaria” (Marnet & Jorg, 2012, pág. 29).

Casi todos los países de América Latina crearon organismos centrales de programación y han elaborado planes generales de desarrollo. A pesar de ello, “la planificación se ha incorporado con cierta lentitud frente a la urgencia de las necesidades que debe cubrir, lo que puede atribuirse a las enormes dificultades burocráticas, administrativas y políticas inherentes a la transformación de los mecanismos para tomar decisiones y a la coordinación de estas últimas con los objetivos generales fijados en los planes” (Marnet & Jorg, 2012, pág. 27).

La CEPAL (2012) concluye que en ninguno de los países de Latinoamérica se han establecido sistemas y procesos de planeación lo suficientemente perfeccionados e influyentes como para garantizar la efectividad de las políticas de desarrollo. “Expresan que el avance logrado de la planificación se aprecia sobre todo en las tareas del diagnóstico y proyecciones globales, es decir, en las funciones de orientación general, así como también en el desarrollo de programas parciales, principalmente de infraestructura y de proyectos específicos, aunque en esto último las deficiencias son muy grandes. Además, observa que los logros, con algunas excepciones importantes, han sido mucho menores en cuanto a la capacidad de los organismos de planificación en su función para asesorar e influir en la política de corto plazo” (Marnet & Jorg, 2012, pág. 56).

La experiencia latinoamericana revela, de acuerdo con (Gutiérrez, 2018), que el avance de la planeación en este contexto no ha concordado con la aplicación en relación con las ideas políticas estructurales necesarias para fijar los objetivos del desarrollo y determinar los medios y políticas instrumentales. La crítica al urbanismo racionalista “alude a las excesivas dimensiones de los planes, su rigidez y su carácter ambicioso e incluso irrealizable, pero, sobre todo, a su marcado carácter dominante y de control desde el Estado” (Gutiérrez, 2018, pág. 50) así como su orientación casi de forma exclusiva al uso de suelo.

De forma general (Boisier, 2007), describe el procedimiento de planificación clásico que se conforma por las etapas de diagnóstico, estrategia, objetivos, metas, instrumentos, control y evaluación y propone como mejor un procedimiento basado en la negociación que permita la flexibilidad y particularización necesaria en el desarrollo de los planes, este consiste en las etapas de generación de información, diagnóstico, recepción de roles, negociación y control y evaluación. Sin embargo, sigue considerando que no es una reta de cocina ya que en algunos casos podría no servir y en otros podría ser muy útil. Cada región y cada situación tienen sus particularidades y por lo tanto es necesario adaptar este esquema general a cada uso concreto.

De manera similar, en México, las directrices para la formulación de planes se basan en las mismas etapas tradicionales, como es el caso del Manual para la Elaboración de Planes de Desarrollo Urbano de Centros de Población. Esta herramienta proponía los pasos para crear estos planes, así como la información básica necesaria y las técnicas para la representación gráfica y presentación de datos. Influenciado por la racionalidad, el manual estableció una estructura común para todos los planes del país, dividiéndola en cinco niveles (SAHOP, 1981): antecedentes, normatividad, estrategias, programas y corresponsabilidad sectorial e instrumentalización (Gutiérrez, 2018, pág. 131).

En conclusión, este primer elemento, requiere de una actualización en su estrategia de desarrollo que se apoye de eficientes fuentes de información cuantitativas sí, pero sobre todo cualitativas que resalten las fortalezas de las ciudades y posibiliten acciones dirigidas de forma particular según la aptitud de los asentamientos humanos mediante el uso de datos

abiertos y con un esquema flexible que vaya adaptándose y conformando la imagen de forma paulatina sin necesidad de un objetivo totalizador y estático.

1.2.2 La ciudad intermedia como aptitud del desarrollo urbano del Siglo XXI

Este segundo elemento encontrado se basa en la consideración de los aspectos cualitativos más que cuantitativos que, como se ha descrito, facilitará la gestión y planeación de la ciudad basada en sus potencialidades que determinan incluso la función o influencia que tiene la ciudad en su región.

La ciudad intermedia es un fenómeno urbano conceptualizado y objeto de estudio desde fines de los años ochenta desde la CEPAL y desde la Unión Internacional de Arquitectos (UIA), como un elemento que rompe el statu quo derivado del impacto de la globalización y que contribuye a cuestionar las jerarquías del sistema urbano, abriendo nuevos horizontes de cooperación territorial.

Más allá de su importancia demográfica, posee la capacidad de estructurar y unir el sistema urbano, así como los vínculos urbano-rurales que se desarrollan en redes. Esto le otorga una mayor capacidad para diseñar e implementar estrategias de alto valor agregado, que le permitan posicionarse en escenarios regionales, nacionales e incluso internacionales, utilizando menos recursos que las grandes ciudades.

Es sabido que, en los últimos cincuenta años, la localización de la población de América Latina ha experimentado una combinación de tendencias centrípetas y centrífugas. Las primeras corresponden a los procesos de concentración de la población en algunas localidades, que han experimentado un rápido crecimiento demográfico y han alcanzado crecientes umbrales de tamaño poblacional hasta devenir, en algunos casos, metrópolis y megápolis (Jorda & Simioni, 1998) y las segundas a procesos de segregación que generan asentamientos de menor tamaño y que justamente han conformado las llamadas ciudades medias. En la segunda mitad del Siglo XX, las ciudades intermedias han tenido un ritmo de crecimiento superior al de las ciudades grandes (Jorda & Simioni, 1998). A partir de 1990,

la población siguió aumentando, pero a un ritmo progresivamente más lento. Las proyecciones indican que esa desaceleración continuará en el futuro y que la proporción de población urbana se acercará al 90% hacia el 2050 (Jorda & Simioni, 1998).

El informe “Visualizando el futuro de las ciudades” publicado por la Organización de las Naciones Unidas (ONU, 2022), hace también la misma observación de que en los últimos dos años; la velocidad del vertiginoso ritmo de urbanización global disminuyó. Esta ralentización se explica debido a que, en las primeras fases de la pandemia del COVID 19, hubo migración en gran escala desde las principales ciudades hacia el campo o pueblos pequeños, ya que eran percibidos como más seguros. Sin embargo, ésta fue una respuesta de corto plazo que no altera el curso de la urbanización mundial pero que, aunque la mayoría de la población vive en áreas urbanas; en América Latina se siguen distinguiendo las ciudades de tamaño intermedio (Guzmán Garibay & Pérez Mendoza, 2011).

Así, antes de hablar de las metrópolis de los países de la región, es necesario reconocer que existe un conjunto de ciudades que, con dinamismo, mantienen perfiles administrativos, relaciones funcionales y regionales, ofreciendo un campo poco explorado en la generación de modelos de gestión y diferenciándose, por lo tanto, de la mera reproducción de aquéllos implementados en centros de jerarquía y complejidad mayores (Jorda & Simioni, 1998). Hoy se sabe que las ciudades intermedias juegan un rol fundamental en el mundo urbanizado, y se abren oportunidades para impulsar patrones urbanos más orientados a la sostenibilidad. Y es precisamente hacia estas urbes donde se ha orientado el desarrollo a través de proyectos urbanos que detonan la expansión de nuevas áreas en diferentes entidades federativas y zonas metropolitanas del país.

El aprendizaje que se logre en torno a las ciudades intermedias podría, incluso, ayudar a mejorar la gestión urbana y la situación de las ciudades de mayor tamaño (Jorda & Simioni, 1998), las ciudades intermedias representan una oportunidad actual para enfrentar los problemas de la urbanización del Siglo XX y principios del XXI cuando no son graves o no tienen el perfil de ser irreversibles.

El crecimiento urbano es una realidad ante las diversas motivaciones y particularidades, como se describió para América Latina. Lo mismo sucede sin duda, con los problemas que este fenómeno ha generado, principalmente de carácter ambiental y de planeación, como se ha expuesto.

La Comisión de Estadística de la ONU-Hábitat (2021), ha establecido una nueva definición mundial de ciudad mediante una clasificación para el grado de urbanización indicando que son tres los tipos de asentamientos: ciudad, con al menos 50 000 habitantes o más de 1500 habitantes por km², localidad o pueblo (zona de densidad *intermedia*), con al menos 5 000 habitantes o mínimo 300 habitantes por km² y zona rural, con una muy baja densidad o prácticamente deshabitadas.

Otros rangos definen de forma diferente a la ciudad intermedia; por ejemplo, para la Unión Europea son aquellas que contienen entre 20 000 y 500 000 habitantes, el Banco Mundial llega en su límite superior al millón, en el contexto norteamericano el rango suele situarse entre los 200 000 y 500 000 habitantes, en Pakistán entre los 25 000 y los 100 000, en Argentina entre los 50 000 y 1 000 000 de habitantes, en México, de acuerdo al Consejo Nacional de Población (CONAPO), entre 100 000 y 1 000 000 de habitantes (Álvarez de la Torre, 2011).

Existe por lo tanto, una dificultad al definir una ciudad intermedia a partir de datos estrictamente estadísticos basados en el tamaño de población, por lo que se ha llegado a concluir que una ciudad intermedia lo es por el papel, función e influencia que juega en un territorio más o menos inmediato y no por el número de población que esta aloja, además de que es necesario referirse a unos contextos territoriales determinados y referenciados a las redes y jerarquías urbanas existentes en diferentes áreas y contextos socioeconómicos, de la misma manera que la definición de ciudad parte de un contexto socioeconómico, cultural e incluso ambiental determinado, aspectos mucho más cualitativos (CEPAL, 2002).

A través de estos centros urbanos intermedios, gran parte de la población, junto con diversos sectores de otras áreas cercanas sobre las que tienen influencia, puede acceder a servicios,

bienes e infraestructuras especializadas. Se transforman en puntos clave de interacción social, económica y cultural, y están conectados a redes de infraestructuras que vinculan los sistemas locales, regionales y nacionales, e incluso, en algunos casos, permiten el acceso a redes internacionales.

Son centros que albergan niveles de la administración local y regional, a través de los cuales se canalizan las demandas y necesidades de grandes segmentos de la población. Además, se posicionan como sistemas más equilibrados y sostenibles (por su escala), favoreciendo relaciones más armoniosas, equilibradas y abiertas con su territorio. A diferencia de las megaciudades, no enfrentan los mismos problemas medioambientales, lo que se convierte en un claro potencial y una ventaja significativa para el éxito social, económico y, sobre todo, ambiental de la ciudad.

Además, son centros más fáciles de gobernar, gestionar y controlar, lo que facilita una mayor participación ciudadana en la administración y gestión de la ciudad. Su escala es más accesible y comprensible, lo que permite a los ciudadanos identificarse mejor con su entorno urbano, facilitando la creación de una identidad propia y contribuyendo a reducir los conflictos sociales.

De acuerdo con la (CEPAL, 2002), el éxito de este tipo de asentamientos depende de varios factores, entre ellos:

- Su posición y posibilidades de conexión a las grandes redes y flujos
- Su grado de cohesión social, cooperación y voluntad de los principales agentes sociales de la ciudad
- La atención que se da a la educación, preparación y calificación de sus ciudadanos
- La gestión institucional local-territorial del medio y de sus recursos
- La capacidad para mejorar la calidad física y ambiental de la ciudad y su territorio y garantizar la calidad de vida
- La voluntad de llevar adelante un “proyecto” ciudad, un proyecto para el territorio de esa ciudad

- Las estrategias de especialización competitiva y de complementariedad que éstas desarrollen
- La capacidad creativa del medio y capacidad de adopción de innovaciones. Cada ciudad debe de desarrollar sus estrategias, actuar sobre lo local pensando en lo global
- La capacidad para aprovechar los recursos endógenos propios y los de su territorio
- La capacidad local y territorial de crear identidad propia apropiación sociocultural del medio urbano y territorial

Las ciudades intermedias tienen el potencial y la responsabilidad de jugar un papel más activo en el proceso de concentración urbana, ayudando a equilibrar los procesos de polarización y limitando el crecimiento desmesurado de las grandes aglomeraciones urbanas (megaciudades-megalópolis), lo que se conoce como reequilibrio territorial. Esto debe considerar la diversidad de patrones de urbanización y el funcionamiento de los distintos sistemas urbanos, así como las capacidades y roles que los diversos núcleos o municipios desempeñan en cada contexto territorial. (CEPAL, 2002).

La planeación estratégica a mediano y largo plazo puede ser ventajosa para este tipo de ciudades, ya que traza un marco general dentro del cual deben desarrollarse las políticas urbanas y establece un proyecto de ciudad acordado por los actores clave (tanto públicos como privados). El proyecto-programa de la ciudad debe complementarse y coordinarse con la planificación urbana, la cual resulta más adecuada para el tamaño de las ciudades intermedias, ya que su escala urbana permite una mayor eficiencia en comparación con las grandes ciudades.

Por tanto, concluyendo este segundo elemento, la ciudad intermedia y su plan urbanístico debe adaptarse al territorio físico y al entorno natural de la ciudad potenciando y aplicando en su contenido las ventajas ecológicas de las ciudades gracias a su escala e influencia en la región. Los planes urbanos deben integrar el medio ambiente y el paisaje en los modelos de ordenación y desarrollo territorial. Es necesario superar las presiones de los intereses económicos y otras influencias externas que proponen modelos ajenos a las características del lugar. El territorio, entendido como un paisaje único y diverso de cada ciudad, debe ser

el elemento fundamental en la planeación urbana.

El objetivo global en las ciudades intermedias es la calidad de vida de la población (Bellet Santfeliu & Llop, 2004), por lo que para el Siglo XXI y sus modelos de urbanización, es necesaria la superación de los modelos de planeación tecnocráticos basados solo en análisis cuantitativos de la población, de sus actividades económicas y las visiones y análisis planimétricos, hacia otros enfoques más cualitativos que visualicen en primer lugar los recursos de carácter local con los que cuenta y que suplen las necesidades más básicas de la población. Aquí es oportuno referirse a la planificación sectorial o parcial y la ordenación de áreas concretas como planes de transporte, de saneamiento, de barrios periféricos o, especialmente de uno de los recursos vitales; planes hídricos pluviales urbanos.

1.2.3 La ciudad inteligente como paradigma de innovación del desarrollo urbano del Siglo XXI

El tercer elemento identificado, la innovación en temas de tecnología y sostenibilidad, y su incorporación para la comprensión y desarrollo integral de las ciudades, parte de reconocer la ciudad como un ecosistema físico.

(Madrigal García & Miranda Rosales, 2018) mencionan que la ecología puede aplicarse a los análisis de las ciudades en términos de los flujos de energía, nutrientes y materiales físicos y a los estudios de sus efectos sobre otros sistemas circundantes. Es en este sentido en el proponen utilizar los conceptos ecológicos para describir las repercusiones físicas de las ciudades. Consideran que la aportación más importante de esta concepción ecológica a la gestión del medio ambiente urbano es la que refiere a la comprensión de la capacidad de carga, los umbrales, el capital natural y el cierre progresivo de los ciclos de los recursos como medio para que las ciudades sigan desarrollándose después de haber alcanzado el límite de sus recursos.

Desde la década de 1980, se ha hablado del desarrollo sostenible. La definición oficial más utilizada proviene del Informe de Brundtland "Nuestro Futuro Común" de la Comisión

Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo de la ONU, publicado en 1987. Este informe lo describe como un desarrollo que permite garantizar condiciones de vida iguales o mejores para un grupo de personas y sus futuras generaciones dentro de un ecosistema determinado. Implica mantener la productividad del uso de los recursos naturales a lo largo del tiempo, sin comprometer la integridad de esos recursos, asegurando así su disponibilidad para las generaciones venideras (justicia intergeneracional). (Madriral García & Miranda Rosales, 2018).

Aunado a esto, se constituye la idea de la ciudad sustentable a partir de la Declaración de Quito sobre Ciudades y Asentamientos Humanos Sostenibles para Todos (2016), también conocido como la Nueva Agenda Urbana derivada de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre la vivienda y el Desarrollo Urbanos Sostenible (Hábitat III, Organización de las Naciones Unidas, 2016). Esta agenda propone aprovechar el potencial del desarrollo urbano sostenible mediante un cambio en el paradigma urbano mediante el desarrollo urbano resiliente y sostenible ambientalmente.

Para alcanzar esto, es necesario impulsar acciones deliberadas que orienten los esfuerzos urbanos hacia objetivos específicos, derivados del análisis de las áreas de oportunidad de la ciudad en cuestión, siempre enfocados en la planeación y gestión del desarrollo urbano.

En el eje de planeación y gestión del desarrollo urbano de la misma Nueva Agenda Urbana (2016), es necesario describir “las acciones y las prioridades en la materia, con el propósito de implementar un estilo de planeación integral y flexible que se adecue a las cambiantes condiciones sociales y económicas de las ciudades” (Gutiérrez, 2018, pág. 88).

Existe en este Siglo XXI, una urgencia de considerar e integrar los aspectos ambientales y la capacidad de recuperación de la ciudad y sus recursos a través de la planeación, el diseño y la acción. Por tanto, se busca integrar esfuerzos y avanzar hacia una gestión integral de los problemas ambientales locales a través del espacio urbano. El concepto para ciudades sustentables se fundamenta en las tres dimensiones de la sustentabilidad (social, económica y ambiental) y sus interrelaciones, enfocándose en la implementación de acciones de manera

integral.

Dentro de este enfoque integral, y en busca de acciones para gestionar los recursos naturales en la ciudad, emerge el concepto de ciudades inteligentes. Existen diversos enfoques para definirlos, e incluso una amplia variedad de conceptos alternativos donde se sustituye el término "inteligente" por otros como verde, sostenible, digital o virtual, entre otros. Es un concepto difuso del que se encuentran diversas definiciones ya que dependiendo de quién la escriba es el enfoque en el que se desarrolla (Ceballos Ceballos, 2021), además de ser usado de maneras que no siempre son estables; sin embargo, hay dimensiones claves que son comunes en los distintos enfoques.

La ciudad inteligente representa un concepto que ha emergido con fuerza dentro de las estrategias urbanas globales de los últimos años y según (Fiori & Rivera-Fumaz, 2014) seguirá creciendo. Nace de la mano de la iniciativa privada en un momento en el que las ciudades enfrentan crisis y se percibe a la innovación como el camino para alcanzar una mayor eficiencia dando respuesta a los desafíos de la urbanización.

El concepto de ciudades inteligente nació a comienzos de la década de los noventa debido por un lado a los problemas de contaminación que existían en las urbes de la época, específicamente a las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) y a la poca sostenibilidad que presentaba la industria energética de ese tiempo (Achaerandio et al., 2011; Mata, 2012; Toris, Arteaga and Aguilar, 2018; Ramírez, 2019; Sikora-Fernández, 2017) y por otro a las políticas e ideas de planeación llegadas a América; particularmente los conceptos de Smart Growth y el Nuevo Urbanismo que mencionan que Una ciudad inteligente es aquella que pone a los ciudadanos como prioridad en su desarrollo, integra las Tecnologías de la Información y Comunicación en la administración urbana, y utiliza estas herramientas para promover un gobierno eficaz que fomente la planeación colaborativa y la participación activa de la comunidad. (Rózga Luter, 2018).

Este nuevo paradigma urbano para el Siglo XXI se orienta a mejorar la calidad de vida humana prefigurando nuevas formas de ciudad, que a su vez se basan en nuevas formas de

entender la relación tecnología-sociedad-ciudad. El Banco Interamericano para el Desarrollo (2016), proporciona una definición desde esta perspectiva, indicando que una ciudad inteligente es aquella que coloca a las personas en el centro del desarrollo, incorpora tecnologías en la gestión urbana y usa estos elementos como herramientas de planificación colaborativa y participación ciudadana.

Con colocar a las personas (ciudadanos) en el centro de la acción “se busca promover un desarrollo integrado y sostenible, donde las ciudades se tornen más innovadoras, competitivas, atractivas y resilientes” (Alvarado, 2018) mejorando así la calidad de vida de la población.

Según el Libro Blanco de las Smart Cities (2012), el objetivo de una ciudad inteligente es lograr una gestión eficiente en todos los sectores de la ciudad, atendiendo tanto las necesidades del entorno urbano como las de sus habitantes. A su vez, debe estar en consonancia con los principios de Desarrollo Sostenible y tomando la innovación tecnológica y la cooperación entre agentes económicos y sociales como los principales motores del cambio (Arce Ruiz & Neus Baucells, 2017). El mismo Libro Blanco de las Smart Cities destaca que la ciudad inteligente “ha de ser entendida como un concepto amplio y abierto de ciudad. No obstante, la estructura de una *smart city* consta, generalmente, de ciertos elementos fundamentales: un espacio urbano, un sistema de infraestructuras, un complejo de redes y plataformas inteligentes y una ciudadanía que ejerza de eje vertebrador” (Libro blanco. Smart Cities, 2012, pág. 7)

Las ciudades inteligentes o *smart cities* “son aquellas en las que la planificación y gestión de inversiones en materias de infraestructuras, aspectos sociales, energía, capital humano y tecnología se realizan de manera eficiente y sostenible, tanto ambiental como económicamente” (Structuralia, 2015).

Por lo tanto, una ciudad inteligente es un modelo de desarrollo que está relacionado con la ciudad sostenible, ya que se fundamenta en principios de sostenibilidad aplicados al desarrollo urbano. Sin embargo, es importante señalar que la igualdad de oportunidades o el

empoderamiento urbano no son sus objetivos principales. Su enfoque se centra en mejorar la eficiencia (un concepto vinculado a la sostenibilidad, a diferencia de la productividad) en los ámbitos ambiental y económico de la ciudad, aunque en algunos casos también se ha asociado con la innovación social, promoviendo la interacción entre los ciudadanos.

Para una *smart city* son claves la sostenibilidad, las tecnologías, la inversión, la eficiencia y las vertientes ambientales y económicas. Es un concepto, que se relaciona en ciertas condiciones, como la inclusión de la dimensión social, con la ciudad sostenible, pero que no está directamente relacionado con el derecho a la ciudad y, de hecho, solo estaría realmente al servicio de la ciudad sostenible si fomenta la ciudad sostenible en sus tres vertientes básicas: social, económica y ambiental. (Delgado Jiménez, 2015)

Ser *Smart City* “no es un objetivo en sí mismo sino una forma de vida, un medio, un proceso continuo de mejora. Es evolucionar constantemente para mejorar la calidad de vida y la cohesión social de la ciudad, en la que debe prevalecer el compromiso entre tecnología y actores. Establecer este concepto a todos los niveles de la ciudad es una tarea compleja que depende de sus políticas, objetivos, financiamiento y metas y no solo implica disponer de los recursos necesarios, sino también de la cualificación de los profesionales y los usuarios y una completa sinergia de todos estos elementos” (Rosas, 2022).

De igual forma como menciona Rosas (2022), el fundamento de las *smart cities* es mantener una política de sostenibilidad, de aprovechamiento y óptima gestión de todos sus recursos de una manera eficiente en todas sus áreas o ámbitos. Su propósito es alcanzar una gestión eficiente en todas las áreas de la ciudad satisfaciendo a la vez las necesidades del asentamiento y de sus ciudadanos, todo esto en consonancia con los principios del Desarrollo Sostenible promovido por Naciones Unidas y tomando la innovación tecnológica y la cooperación entre agentes económicos y sociales como los principales motores del cambio.

El mencionado Libro Blanco de las Smart Cities (2012) y otros autores (Giffinger et al., 2007; Herrera and Sánchez, 2012; Mishra, 2013; Kaczorowski, 2014; Albino, Berardi and Dangelico, 2015; Correira, 2017), plantean que una ciudad inteligente debe constar de seis

pilares fundamentales con una sinergia intrínseca entre ellos: a) gobierno inteligente (Smart goverment), b) ciudadanía inteligente (Smart people), c) medioambiente inteligente (Smart environment), d) economía inteligente (Smart economy), e) calidad de vida inteligente (Smart living) y f) transporte/movilidad inteligente (Smart mobility).

El objetivo es que cada ciudad identifique su propio potencial para comenzar con el modelo de desarrollo inteligente. Una vez que se han identificado y comprometido los actores clave, la estrategia para implementar el concepto de Smart City en un municipio o área específica dependerá del contexto particular de cada caso. El desarrollo de una ciudad inteligente variará de una región a otra, ya que los elementos que las componen son diversos, lo que significa que no se puede garantizar que las soluciones implementadas en una ciudad tengan los mismos resultados en otra (Ceballos Ceballos, 2021). Así que, aunque no existe una fórmula única para implementar una ciudad inteligente, está claro que es la dirección correcta para lograr un desarrollo sostenible (Dirks & Keeling, 2009).

La sustentabilidad en una ciudad Inteligente según Khan (2014) puede establecerse desde tres criterios: el primero involucra elementos de calidad de vida cotidiana, como aire limpio o espacios verdes, elementos que afectan directamente la salud y la productividad; el segundo examina emisiones de gas con efecto invernadero en las ciudades con intención de promover la inversión en infraestructuras nuevas de transporte público y transmisión de electricidad, así como sistemas de eliminación de aguas residuales, tratamiento y distribución de agua, y el tercero se refiere a la capacidad para resolver y atender los desastres naturales.

Con respecto al bloque “Medio ambiente inteligente” (Smart environment), se precisa que “la percepción que tiene la ciudadanía de la calidad y del atractivo medioambiental de una ciudad o entorno suele fundamentarse en aspectos como: la presencia de parques y jardines, el grado de contaminación atmosférica y acústica y la cantidad y calidad del agua” (Libro Blanco. Smart Cities, 2012, pág. 50).

Stübinger & Schneider (2020) argumentan que es fundamental integrar los elementos físicos y digitales con el objetivo de: mejorar la vida de los ciudadanos, promover la sostenibilidad

ambiental, gestionar de manera sostenible los recursos renovables, reducir la emisión de contaminantes y/o la huella de carbono, mejorar la calidad del aire, fomentar la creación de edificios sostenibles y optimizar la gestión de los residuos.

Por otro lado; Correira (2017) propone como indicadores que podrían medir el éxito del medio ambiente inteligente los siguientes: a) infraestructuras sostenibles, b) energía, c) huella de carbono, d) calidad del aire, e) generación de desperdicios, f) consumo de agua y g) planeamiento urbano.

Ramírez (2019), por su parte, propone quince indicadores: a) edificios en la ciudad con certificación de sustentabilidad LEED, b) porcentaje de infraestructuras comerciales e industriales con contadores inteligentes, c) porcentaje de viviendas con contadores inteligentes, d) porcentaje de uso de energías limpias sobre el total del uso de energía, e) legislación para mejorar la eficiencia energética, f) consumo de energía eléctrica (kwh) por habitante por año, g) emisión de dióxido de carbono per cápita en toneladas por año, h) media de concentración diaria de nitrógeno, i) concentración de partículas finas, j) volumen total de desechos generados por la ciudad en kilos por persona por año, k) porcentaje de desperdicios sólidos reciclado, l) total de consumo de agua per cápita litros por día, m) metros cuadrados de espacio verde útil por habitante (zona urbana), n) cantidad de árboles en espacios urbanos, o) existencia de planes de resiliencia y adaptación al cambio climático.

Varias ciudades han elaborado planes de protección ambiental que funcionan como herramientas clave para identificar las áreas vulnerables y las oportunidades medioambientales dentro de la ciudad. El objetivo es construir un entorno más verde, limpio y eficiente, con un enfoque particular en la gestión inteligente de los recursos naturales, especialmente el agua.

Para que una ciudad sea considerada "inteligente" o "Smart", no es imprescindible planificar su creación como una Smart City de manera formal. Bastará con integrar y fomentar gradualmente los principios de sostenibilidad y eficiencia en todos los sectores, e implementar esta filosofía tanto en el gobierno como en los actores económicos y sociales.

El éxito se logrará cuando estos principios sean adoptados de manera integral y se implementen en todas las áreas de la ciudad (infraestructura, gobernanza, economía, etc.). Los gobiernos municipales deben promover la participación de todos los sectores de la sociedad, que incluyen:

- Los ciudadanos
- Las empresas del sector de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC), como consultoras, operadoras y proveedores de aplicaciones, encargadas de diseñar y desarrollar la tecnología de las Smart Cities
- Las empresas constructoras
- Las empresas que brindan servicios urbanos
- Las organizaciones no gubernamentales que trabajan en áreas clave como el medio ambiente, la transparencia política y económica, etc.
- Otras entidades gubernamentales competentes, como Consejerías, Ministerios y otros gobiernos locales

Las grandes ciudades no son las únicas capaces de adoptar un modelo de Smart City, aunque suelen ser las que reciben el reconocimiento por su liderazgo en innovación tecnológica, investigación y eficiencia. Esto se debe a que, en mayor o menor medida, estas ciudades actúan como verdaderos centros de inversión y motores económicos, lo que les otorga una mayor capacidad de acción en comparación con otras ciudades. Además, el desarrollo tecnológico necesario para una Smart City suele ser más accesible para aquellas ciudades con un mayor potencial.

El apoyo de estas fuerzas facilitadoras no asegura el éxito en la creación de una Smart City. Las ciudades con una mayor adopción de las TIC no siempre son las más inteligentes. De igual manera, un mayor potencial económico no garantiza necesariamente un mayor éxito en la implementación del modelo.

Aunque las TIC se consideran fundamentales para el desarrollo de este tipo de ciudades, no

se debe pasar por alto que, en muchas ocasiones, el éxito proviene de decisiones y acciones que no están relacionadas con las nuevas tecnologías, como políticas de igualdad social, conciencia ambiental, economía sostenible, gestión eficiente, tecnología social, entre otras.

Un proyecto completo de Ciudad Inteligente debe considerar los aspectos humanos, sociales y ambientales de los centros urbanos con el objetivo de mejorar la calidad de vida de las personas. Por lo tanto, debe incluir factores relacionados con la gobernanza, la infraestructura, y el capital humano y social. Solo cuando estos elementos se abordan de manera conjunta, las ciudades realmente se convierten en inteligentes y promueven un desarrollo sostenible e integrado. (Bouskela et al., 2016:33-34)

Para desarrollar el modelo de Smart City, es esencial una planificación adecuada que integre todos los aspectos clave de la ciudad (gobernanza, movilidad, medio ambiente, energía, entre otros), asignando un enfoque particular a cada uno según las características locales. Esta tarea de integración es posiblemente uno de los mayores desafíos para las ciudades, y para llevarla a cabo de manera exitosa, las tecnologías deben ser vistas como una herramienta de apoyo, no como el objetivo principal.

Otro aspecto crucial es la participación de los ciudadanos. A medida que una ciudad crece, se vuelve más complicado lograr que la población se involucre en los objetivos urbanos y que la filosofía de las Smart Cities sea comprendida y aceptada por los ciudadanos. En este sentido, es fundamental enfatizar la educación y la divulgación, ya que, de no hacerlo, los esfuerzos de una administración municipal por crear un entorno eficiente y sostenible podrían verse frustrados por la falta de apoyo o por la desconfianza de la población.

Las ciudades inteligentes deben centrarse en soluciones hábiles que permitan desarrollar las ciudades actuales, a través de una mejora cualitativa y cuantitativa de su productividad y gestión (Sikora - Fernández, 2017).

Rózga Luter (2008), concluye que la ciudad inteligente es algo más que su digitalización; en su perspectiva, son aquellas que independientemente de tener la infraestructura de las TICs,

la han aplicado o mejor decir aprovechado para mejorar su funcionamiento y sus funciones urbanas con el principal objetivo de la mejora de la calidad de vida.

Si bien; inicialmente, el paradigma de las ciudades inteligentes se refería a la tecnología de la información, hoy es importante afirmar que una ciudad inteligente lo es más allá de la tecnología siendo que ésta y su uso no tienen valor en sí mismas (Sikora - Fernández, 2017); más bien son una fuente de oportunidades para adaptar mejor la forma de urbanización y funcionamiento de las ciudades a las expectativas de habitantes actuales y futuros (Manitiu, Pedrini, 2013); por lo que si debe considerarse como un elemento de apuntalamiento.

Sikora – Fernández (2017) explica que existen grados de inteligencia en relación con la sostenibilidad siendo que un alto nivel de integración de los sistemas urbanos sumados al uso de tecnología resulta en el logro de la dimensión ecológica que define el mayor grado de sostenibilidad.

Rózga Luter (2018) presenta la propuesta de un modelo de ciudad inteligente para países emergentes al suponer que las condiciones económicas, políticas, sociales y culturales en estos países son diferentes que en los países desarrollados; especialmente en los europeos que presentan múltiples ejemplos del avance en la implementación de la idea de Ciudad Inteligente. Esta “Smart City 3.0”, ciudad inteligente 3 o de tercera generación; aprovecha el potencial que proviene del capital social, involucrando a los ciudadanos en el proceso de construcción de la inteligencia urbana. La integración social para la administración de la ciudad, el desarrollo social del involucramiento, formación de los ciudadanos responsables por la ciudad y participación en la planeación del desarrollo conforman los motores claves del éxito de la ciudad. El proceso nunca debe ser pensado como inmediato y de corto plazo, sino escalable.

Según (Colado García et al. ,2014: 142-146), se pueden identificar tres grados de madurez de las ciudades inteligentes: ciudades de nueva creación, ciudades que afrontan cambios y modernización y áreas que no son propiamente ciudades.

Las ciudades recién creadas representan el caso más sencillo para implementar el modelo de Smart City, ya que las infraestructuras fundamentales pueden establecerse de manera simultánea con la construcción de la ciudad. Al crear la infraestructura mientras se edifica la ciudad, se logran optimizar recursos, reducir costos y mejorar el diseño integral de la ciudad y sus servicios. Esto permite que el sistema sea más eficiente al no enfrentar limitaciones en su diseño. La infraestructura básica está estrechamente relacionada con el uso de tecnologías, especialmente las Tecnologías de la Información y la Comunicación.

Las ciudades que afrontan cambios y modernización son aquellas ciudades tradicionales existentes por lo que el camino hasta convertirse en una *Smart City* requiere un esfuerzo mayor. Debe evaluarse la infraestructura existente con el fin de terminar el punto de partida y la ruta a seguir.

Las áreas que no se consideran ciudades en sentido estricto como lo pueden ser barrios, zonas urbanas, parques científicos o campus universitarios, se consideran entornos lo suficientemente complejos e intensos para necesitar una gestión similar a la de una ciudad a menor escala. Su implementación puede verse de manera similar a la creación de nuevas ciudades, ya que la infraestructura puede desarrollarse desde cero, incluyendo la interconexión entre todos sus elementos y partes, y diseñarse para integrarse con el resto de la ciudad.

En cuanto a la implementación, Rózga Luter (2018), menciona las estrategias socio políticas de implementación, es decir, aquellas formas en cómo se activan y fomentan las fuerzas sociopolíticas para poner en práctica la idea en un contexto concreto. Presenta dos modelos básicos: desde arriba hacia abajo y desde abajo hacia arriba. El primero exige el compromiso de los líderes ejecutivos y de las diferentes unidades y departamentos de la gestión pública, así como la elección de un líder con autoridad que sea responsable del seguimiento de todo el proyecto, que ejecute esa transformación y que cuente con la capacidad de atraer aliados. Es fundamental entender ese plan a partir de una visión integrada, multisectorial y colaborativa. Hacer que una ciudad sea inteligente requiere más que tecnología. Deben considerarse los recursos humanos necesarios para que el proyecto evolucione de manera

rápida y sólida, además de contar con una visión de largo plazo.

El plan general debe iniciar con uno o varios proyectos piloto, y luego avanzar de manera progresiva, de acuerdo con las capacidades institucionales y financieras de la ciudad. El modelo de abajo hacia arriba consiste en fomentar las iniciativas ciudadanas y locales hacia la introducción de las resoluciones parciales que llevarán a la Ciudad Inteligente.

Otra generalidad importante para las ciudades inteligentes es su mejora cualitativa y cuantitativa basada en soluciones hábiles (Caragliu, Del Bo, Nijkamp 2011), las cuales aunadas al mantenimiento de un elevado nivel de rendimiento requieren un aprendizaje continuo, disponibilidad de una adecuada cultura de innovación, cooperación y asociación entre las autoridades locales y diferentes grupos de usuarios de la ciudad (Sikora-Fernández, 2017).

Se pone énfasis en la eficiencia en la gestión del agua, un aspecto crucial tanto para los cuerpos de agua naturales o seminaturales como para las redes de abastecimiento urbano. Para lograrlo, existen diversas herramientas tecnológicas cuya efectividad ha sido comprobada, aunque a menudo están limitadas en su acceso por parte de los ciudadanos o tienen un impacto reducido, estando enfocadas principalmente en la gestión. Entre estas herramientas se incluyen los sistemas integrados de medición de parámetros diversos y los sistemas de telecontrol y reparación de fugas. Sin embargo, antes de abordar la distribución, es fundamental recuperar e integrar el ciclo hidrológico, sus etapas y consideraciones, en los que la innovación y la sostenibilidad juegan un papel clave.

Finalmente, se concluye que aún faltan criterios uniformes que permitan diferenciar una ciudad inteligente de otra menos inteligente (Tranos, Gertner, 2013); por lo que la definición de indicadores o variables permitirá evaluar a la ciudad para establecer su nivel de “inteligencia” en cualquiera de los pilares mencionados. (Ceballos Ceballos, 2021)

1.3 Planeación hídrica y planeación urbana

Como se ha señalado en secciones anteriores, el enfoque principal de esta tesis es el recurso agua, que actualmente enfrenta una problemática ambiental y una creciente presión debido a la falta de actualización de los mecanismos de ordenamiento territorial que integren el ciclo del agua.

La falta de integración entre la planeación hídrica y la planeación urbana, e incluso territorial, ha dado lugar a decisiones erróneas, improvisadas o incluso a la ausencia de decisiones, generando un gran estrés ambiental y hídrico. El ciclo del agua ha sido descuidado por los planificadores urbanos, quienes en general se han centrado en construir ciudades que saturan el suelo con asfalto y concreto, impidiendo el drenaje natural hacia los acuíferos subterráneos locales.

En el Siglo XX y hoy en día, las ciudades y sus sistemas se rigieron por prácticas basadas en la oferta; en la extensión y calidad de los servicios de agua y drenaje (potabilización del agua, universalización de la conexión domiciliaria, separación del sistema de abastecimiento del sistema sanitario, etc.) basados en grandes infraestructuras de drenaje construidas por el hombre (tuberías y alcantarillado), las cuales siguen siendo el único medio para recoger la esorrentía de las aguas pluviales y para suministrar agua dulce a los ciudadanos. De igual manera, ha prevalecido el abastecimiento desde fuentes distantes que ha llevado a enfrentar problemas crecientes de su agotamiento que tiene que ver con la excesiva explotación del acuífero. Otra dificultad que se enfrenta, como consecuencia, son los crecientes costos de operación.

Según lo explicado, los problemas clave de la infraestructura hídrica (especialmente en cuanto a acceso y saneamiento, pero también el riesgo de inundaciones) están relacionados exclusivamente con los sistemas humanos (Morris, 2017). Por lo tanto, hablar de riesgo en las ciudades implica analizar las acciones humanas mal ejecutadas. Hablar de desastres naturales ya no es adecuado, ya que fenómenos como la lluvia son naturales por sí mismos; el problema radica en cómo las ciudades y sus autoridades han integrado estos fenómenos. Más bien, se trata de desastres sociales ante eventos naturales.

(Bermejo Martín, 2021) señala que, en la literatura científica, existen numerosos artículos que abordan los problemas relacionados con las grandes ciudades, su crecimiento desmedido y su presión sobre el agua. Sin embargo, hay una notable falta de estudios que analicen la problemática del agua en las ciudades intermedias, las cuales albergan más del 40% de la población y, por lo tanto, tienen un impacto significativo en los objetivos de la Agenda 2030.

Cambiar la ingeniería gris, basada en modelos contaminantes, depredadores y poco respetuosos con el entorno a otro enfoque que logre un equilibrio y que deje de olvidar al ciudadano como objeto principal de las soluciones propuestas, corresponde a un enfoque llamado *human center* (Bermejo Martín, 2021) con soluciones de ingeniería de sistemas inteligentes descentralizados con uso de fuentes de agua alternativas, más verde.

(Bermejo Martín, 2021) subraya que el agua muestra de manera evidente la desconexión entre los ciudadanos y su entorno, al ser vista como una mercancía, un recurso básico, un producto, algo que se da por sentado y que se supone disponible de manera ilimitada y sencilla con solo abrir el grifo. El agua, en realidad, es un recurso natural clave, en su sentido más amplio.

El sistema hídrico urbano (*urban water system*) es un sistema vasto y complejo conformado por un gran número de componentes de naturaleza muy diversa que mantienen entre sí una fuerte interacción sistémica, es el conjunto de recursos artificiales y naturales que dan origen a la gestión del agua. En estos sistemas (complejos) “pueden ocurrir *fallas en cascada* las cuales tienen lugar cuando uno o más componentes fallan pudiendo llevar a una situación catastrófica sobre su funcionamiento” (Perló & Loreta, 2018, pág. 17).

Los sistemas de agua en las ciudades pueden provocar situaciones de inestabilidad que afectan su funcionamiento. A lo largo de la historia, ha habido ejemplos de ciudades e incluso civilizaciones que han colapsado debido a fallos en sus sistemas hídricos (Perló & Loreta, 2018). Sin embargo, también hay casos en que “estos sistemas han mostrado una tendencia al cambio, a la autorregulación e incluso a la transformación” (Perló & Loreta, 2018, pág. 18). Esta cualidad de cambio y aprendizaje de la experiencia en los sistemas da lugar a lo que

Zou (2013) ha denominado *sistemas complejos adaptativos*.

Los sistemas hídricos urbanos evidencian su incapacidad para responder a las situaciones problemáticas generadas y comentadas anteriormente; por lo que es importante proponer cambios que lleven a la formulación de un nuevo paradigma en la gestión de los recursos hídricos. Diferentes autores, como Ward (1995), Peter H. Gleick (2000) y Martínez-Santos, Aldaya y Llamas (2014), han hablado de este nuevo paradigma en los recursos hídricos estableciendo antecedentes de importancia.

Este nuevo paradigma se ha denominado en el contexto internacional de diferentes formas, como Gestión integral del ciclo del agua en la ciudad (Bermejo Martín, 2021), Saneamiento pluvial urbano (Torres, Galarza-Molina, & Molina-Prieto, 2019), Gestión integral de recursos hídricos (Perló & Loreta, 2018), Gestión del ciclo urbano del agua (del Moral Ituarte, 2019) (Lara García, 2016), Gestión inteligente del agua (Medina Zapata, 2022) o Integrated Water Resource Management (IWRM) (Cortner y Moote, 1994).

La Asociación Mundial del Agua a través de Rahaman y Varis (2005), definen al IWRM como el “proceso que promueve la gestión y el desarrollo coordinado del agua, la tierra y los recursos relacionados con el fin de maximizar el bienestar social y económico resultante, pero de una manera equitativa, y sin comprometer la sostenibilidad de los ecosistemas (Perló & Loreta, 2018, pág. 23).

Paradigma Tradicional	Paradigma IWRM
Desalojar el agua de lluvia d las zonas pobladas lo más pronto posible	Cosechar el agua de lluvia para el abastecimiento, infiltración de acuíferos, vías pluviales y vegetación
La infraestructura está hecha de concreto, metal y plástico	La infraestructura además de los tubos y plantas de tratamiento; incluye las capacidades naturales del suelo y la vegetación para absorber y tratar agua
Se requieren de grandes sistemas que alcancen economías de escala	Sistemas de pequeña escala que son más efectivos y pueden ser más económicos
La infraestructura posible está determinada por un pequeño número de tecnologías	Consideración de una multiplicidad de soluciones ajustadas a las diversas

La tabla continúa en la siguiente página

Paradigma Tradicional	Paradigma IWRM
perfectamente conocidas por los profesionales del agua	situaciones dadas en contextos humanos complejos que disponen de recursos ilimitados y que son favorecidas por nuevas tecnologías y estrategias administrativas

Tabla 1 Contraste del paradigma tradicional y el IWRM

Fuente: Elaboración propia S.C.R.M con base en (Perló & Loreta, 2018, pág. 21) (2023).

Como se observa en la tabla anterior (Tabla 1), el cambio de paradigma implica acciones puntuales y específicas pasando de las grandes obras a “propuestas que pongan énfasis en las características geográficas, paisajísticas, sociales y culturales del territorio. Pasar de las grandes demarcaciones de cuenca a acotaciones como subcuencas, microcuencas e incluso escala de barrio y manzana” (Perló & Loreta, 2018, pág. 25). Por lo tanto, resolver involucra cambios profundos y sistemáticos en los patrones de desarrollo urbano; en sus elementos y en su planeación.

Tradicionalmente el enfoque de la ingeniería sobre el agua ha estado basado en proporcionar soluciones técnicas, mágicas e invisibles para el ciudadano: desplegar más tuberías y una estructura de red centralizada. El agua es considerada como bien privado, no como bien común, ni siquiera como bien público. Hasta ahora se ha actuado desde el lado de la oferta; pero también es necesario actuar del lado de la demanda (Water Demand Management / WDM). Dentro de la WDM existen tres tipos de estrategias que pueden ser combinadas según Bermejo Martín (2021): i) basadas en la aplicación de tecnología, ii) usando fórmulas económicas, incentivos y penalizaciones, iii) intentando producir cambios en el comportamiento y hábitos de los consumidores.

El objetivo (Bermejo Martín, 2021); sería considerar al agua como un derecho fundamental del hombre, como un bien común, con acceso universal fuera de las leyes del mercado; un modelo “público” de la explotación del agua frente a un modelo “privado”.

En México, se suele decir que no hay una verdadera planificación, aunque cada sexenio se emite un Plan Nacional de Desarrollo, del cual surgen acciones específicas para abordar los temas prioritarios en la agenda pública de ese momento. El problema no radica en la falta de

planes o diagnósticos, sino en la falta de estrategias coherentes, la falta de continuidad en las propuestas, y la ausencia de una evaluación adecuada. Incluso hay una falta de un entendimiento común sobre un problema específico, como es el caso del agua en relación con las ciudades. (Domínguez, 2013, pág. 26)

El agua ha sido vista como propiedad de la nación desde los inicios del régimen revolucionario por lo que se ha concesionado a miles de usuarios agrícolas, a comunidades y otros demandantes quienes, a su vez, han subrogado sus derechos a otros usuarios, de tal manera que más de la mitad de los acuíferos del país se encuentran sobreexplotados y casi todos contaminados. (Barkin, 2006, pág. 4)

La sobreexplotación de los acuíferos es resultado de la incapacidad de exigir la implementación de políticas de conservación, tratamiento, reutilización y planeación por los organismos operadores y la propia Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), institución autoridad del agua, quien es responsable de coordinar con todos los órdenes de gobierno las acciones y planes hídricos.

Según la Ley de Aguas Nacionales en su artículo 15; “la planificación hídrica constituye un instrumento de política hídrica, orientado no sólo a la ordenación de los usos de los recursos hídricos, sino también a la conservación de los recursos naturales, los ecosistemas vitales y el medio ambiente” (Domínguez, 2013, pág. 31). El artículo 115 Constitucional, fracción III, inciso (a) indica que tienen a su cargo la dotación, funcionamiento y gestión del servicio de agua potable los Organismos públicos descentralizados de prestación de servicios de agua, alcantarillado y saneamiento.

La realidad es que existe una desvinculación entre la planeación hídrica y la planeación urbana llevando “a decisiones incorrectas, improvisadas o incluso a la ausencia de estas; provocando un fuerte estrés ambiental e hídrico” (Domínguez, 2013). Se ha ejercido un modelo lineal de gestión del agua según el cual el agua es un bien a extraer o importar; para utilizar y finalmente desechar; basado en, como ya se mencionó; tuberías y grandes obras que han generado deterioro ambiental en las cuencas interconectadas por la infraestructura

hidráulica, sobreexplotación de los mantos acuíferos, la no percepción ciudadana de la gravedad de la baja disponibilidad y de las dificultades de abastecimiento (Perló & Loreta, 2018).

Durante los años noventa se comenzaron a visualizar y tratar los problemas del agua, particularmente en la Ciudad de México, mediante estrategias que seguirán discutiéndose permanentemente: la restauración hídrico-ambiental, el estímulo al uso racional del agua por arte de los usuarios, la reestructuración administrativa del sector y la intervención de empresas privadas en la dotación de los servicios de agua y drenaje , propuestas e orden administrativo, financiero y constructivo (Perló & Loreta, 2018). No obstante, la coordinación y ejecución de las propuestas se supeditan a problemas más amplios de gestión interadministrativa e intergubernamental al no aterrizarlo en acciones específicas (estrategias).

Esta desarticulación en las acciones y objetivos se ve reflejada en la expedición de planes y programas sin continuidad o en ausencia de un diagnóstico claro que se aplique y de una Inter institucionalidad requerida, más bien nos enfrentamos solo a intenciones políticas para el desarrollo de ciertas regiones de interés. Por mencionar algunos, en la década de los setenta se desarrolla el primer Plan Nacional Hídrico (1975), como un proceso sistemático de planeación del aprovechamiento de los recursos hidráulicos; este se ha actualizado en cada sexenio siendo el último del año 2020 (Programa Nacional Hídrico 2020-2024), además de desprenderse los programas hídricos regionales.

Para 1980, la CNA comienza una nueva tendencia centrada en la optimización de los recursos hídricos para diversos fines.; aunque dando preferencia al agrícola, de hecho, puede afirmarse que "el desarrollo agrícola marcó la construcción de grandes obras hidráulicas a las cuales prontamente se les vio la multifuncionalidad" (Domínguez, 2013, pág. 27). En materia de agua potable, en 1965 se adopta el Programa Nacional de Agua Potable, únicamente para áreas urbanas con el objetivo de lograr un aumento y mejora sustancial en los servicios de agua potable.

Al inicios del Siglo XXI, el agua es reconocida como un recurso estratégico de seguridad nacional “estableciéndose como unidad básica para la administración del agua la Cuenca Hidrológica; así como el manejo de los recursos y la toma de decisiones con la participación de los usuarios” (Domínguez, 2013), no obstante, la integración a la planeación urbana sigue estando ausente, contemplándose en la mayoría de los instrumentos de planeación local solo como parte de los servicios básicos.

En el año 2003 se presenta un esfuerzo enmarcado en la idea de la Nueva Cultura del Agua (NCA) y el manejo integrado de cuencas, planteamientos fundamentales para una gestión responsable tanto para la población como para los ecosistemas de que dependemos (Barkin, 2006, pág. 5). La NCA identifica los cuatro usos primordiales del agua: a). Agua como derecho humano; b). Agua para las necesidades ambientales; c). Agua para usos sociales y comunitarios, y d). Agua para el desarrollo económico (Barkin, 2006, pág. 6).

Sin embargo, la realidad es que las prioridades lógicas y de responsabilidad social se han invertido al dar a las empresas privadas, las de mayor peso político y económico y con mejor acceso a los mercados de capital y posibilidades de ganancia, un acceso privilegiado a los acuíferos, por sus capacidades de adquirir derechos de pozo o de explotar fuentes superficiales fuera del control de las autoridades encargadas de asegurar los usos prioritarios. Son estas grandes empresas como embotelladoras de agua, de refrescos y cerveza quienes controlan fuentes propias, así mismo la agroindustria que usa grandes volúmenes y es la más contaminante, lo mismo con otras industrias como la petrolera que utilizan y contaminan acuíferos y cuencas a expensas de la salud ambiental en sus áreas de influencia. Agudizando el problema, la mayor parte de estos usuarios no pagan aportaciones a los organismos locales del agua, ya que gozan de concesiones federales. (Barkin, 2006)

Es claro que tanto las instituciones como los responsables de gestionar el sistema actual no disponen de las herramientas, conocimientos ni habilidades necesarias para abordar los problemas que enfrentamos, lo cual refleja limitadas capacidades institucionales para enfrentar los retos derivados del agotamiento. La historia mexicana ha demostrado el error de adoptar como solución la construcción de obras faraónicas de infraestructura para mover

agua a través de mayores distancias y elevarla a los centros de consumo (llamado “estrategia de bombas y tubos” por un ecologista). También ha resultado ineficaz la descentralización cínica para mantener el control en manos de una burocracia centralizada. (Barkin, 2006, pág. 9)

En los últimos años, los movimientos sociales en México han dado un nuevo sentido a la NCA, exigiendo el agua como un derecho social en vez de un privilegio político, cuestionando las grandes obras hidráulicas y proponiendo nuevos modelos de gestión que garanticen un respeto a las comunidades y sus entornos. En vez de celebrar las licitaciones para las grandes plantas de tratamiento que centralizan aún más el control sobre los recursos hídricos, este nuevo enfoque “propone que se requiere de una revalorización de las prioridades y una reconsideración del modelo tecnológico y las decisiones tecnocráticas adoptadas” (Barkin, 2006, pág. 8).

En la primera década del Siglo XXI, han surgido algunos programas como la Agenda del Agua 2030, el Programa Especial de Cambio Climático, la Ley General de Cambio Climático y la Ley General de Protección Civil; que identifican en su discurso esta falta de vinculación entre la gestión del agua y el ordenamiento territorial proponiendo; en el caso de la Agenda del Agua 2030; medidas entre las que prioriza los asentamientos seguros frente a inundaciones.

La Agenda del Agua 2030, lanzada en 2011, tiene como objetivo ser el marco para implementar una política de sostenibilidad en el manejo del agua. Este plan de acción se basa en cuatro pilares: ríos limpios, cuencas equilibradas, acceso universal al agua y asentamientos seguros frente a inundaciones graves. Para cumplir con estos objetivos, se definieron 14 componentes, de los cuales se estima que solo tres podrán alcanzarse antes del 2030 (como la tecnificación total del riego, el tratamiento de todas las aguas municipales y la conexión de los suburbios urbanos a las redes de agua), mientras que los demás requieren acciones a largo plazo. Se espera que cinco de estos componentes puedan lograrse después del 2030 (como el tratamiento de todas las aguas industriales, el acceso a agua potable en localidades rurales, el funcionamiento eficiente de los organismos operadores, la autoadministración de

las cuencas y el equilibrio de todos los acuíferos).

Los seis componentes restantes en esta Agenda no tienen un plazo específico para ser alcanzados (como la eliminación de basura en todos los ríos y lagos, el control de las fuentes de contaminación difusa, el tratamiento de todas las aguas industriales, la reutilización de todas las aguas tratadas, un ordenamiento territorial eficiente, la ausencia de asentamientos humanos en zonas inundables, y la implementación de sistemas de alerta y prevención con tecnologías avanzadas) (Domínguez, 2013, pág. 34). De estos últimos componentes, resaltan sin duda alguna, el eficaz ordenamiento territorial, las zonas inundables libres de asentamientos humanos y los sistemas de alertamiento y prevención con tecnologías de punta, los cuales deberían ser prioridad para el logro de los objetivos de la planeación hídrica, los esfuerzos gubernamentales y civiles deberían dirigirse a solucionar el fundamento del problema y no solo aspectos paliativos del tema.

Asimismo, se han desarrollado algunos modelos como el propuesto por Elena Burns (2009) basado en la gestión de los ciclos hidrológicos. Considera que la gestión integral se construye desde las subcuencas y sus microcuencas y propone los siguientes principios: (i) la vegetación en la cuenca alta garantiza la infiltración y previene las inundaciones y el azolve cuenca abajo; por lo que el saneamiento que comienza cuenca arriba ayuda a la reducción de la contaminación del agua cuenca arriba reduciendo la necesidad de retirar los contaminantes de grandes volúmenes de agua cuenca abajo, ii) manejar por separado el agua pluvial de las aguas residuales buscando la mayor cantidad de infiltración de agua pluvial en los acuíferos para evitar su pérdida por evaporación, iii) almacenar los excedentes en lagos y lagunas para evitar el costo de desalojo y iv) integrar los ciclos locales de captación-infiltración, tratamiento-reúso para lograr reducir los costos, riesgos y desperdicios del traslado masivo de agua (Perló & Loreta, 2018, pág. 40).

En la siguiente Figura (Figura 12), se sintetiza a manera de línea de tiempo, la integración del agua en programas y planes en México anteriormente descritos.

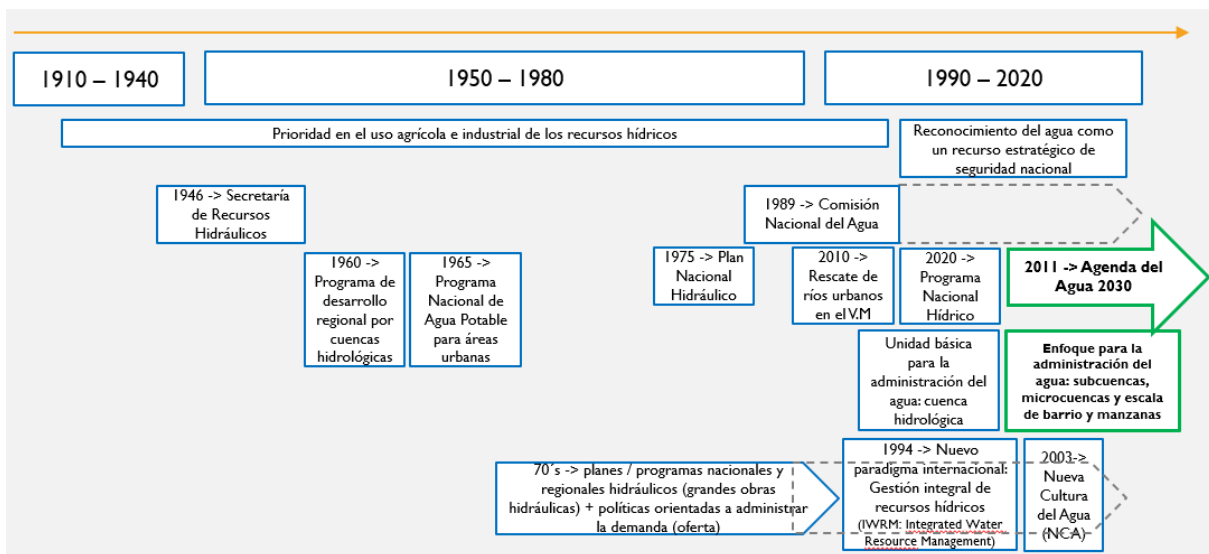


Figura 12 Línea de tiempo de la planeación hídrica en México

Fuente: Elaboración propia S.C.R.M (2022).

Parece lamentable que soluciones milenarias como la cosecha de agua de lluvia, la reforestación y la conservación de suelos no sean estrategias fundamentales en el portafolio de todos los organismos operadores del agua en México.

El abastecimiento de agua en las ciudades debe evolucionar hacia enfoques más avanzados, que demanden más información y rendimiento. El desafío hídrico actual exige un cambio fundamental en la manera en que se gestiona el agua en los entornos urbanos (Jiménez Cisnero, Torregrosa y Armentia, & Aboites Aguilar, 2010).

Para enfrentar estos retos los organismos de agua de las ciudades mexicanas requieren de una adecuada planeación soportada por tecnología accesible y confiable en la búsqueda de un manejo del agua más eficiente, ya que de no hacerlo el camino llevará al deterioro de la calidad de vida y del medio ambiente.

Referente a la planeación nacional, a partir del Plan Nacional de Desarrollo (PND) 1989-1994, se indica incipientemente la orientación de asentamientos humanos hacia zonas donde existiera abundancia del recurso; lo cual no funcionó pues la expansión económica e industrial fueron el eje rector del desarrollo urbano. La preocupación se centró en la búsqueda de agua y la transferencia de cuencas, inclusive lejanas para garantizar la oferta para las

actividades económicas; percibiéndose a este recurso natural solo como un insumo de la producción sin tomar en cuenta el impacto ambiental.

Así mismo las normativas de uso del suelo, fundamento de los planes, han dirigido los planes a un patrón de crecimiento urbano disperso con las consecuencias en cuanto a la búsqueda oferta, al darse el desarrollo en zonas de riesgo o de alto valor ambiental y la consecuente informalidad o irregularidad en el uso de suelo que además se ve permeada por casos de corrupción.

(Gutiérrez, 2018) precisa que según los principales hallazgos del informe para México de la iniciativa Ciudades Prósperas (2016), se observa que nuestras ciudades han experimentado un crecimiento desmesurado, insostenible y desorganizado, con servicios públicos deficientes o ausentes, lo que ha deteriorado la calidad ambiental. Con el criterio de que la planeación urbana es el medio de conducción al cambio mediante políticas urbanas adecuadas para enfrentar los fenómenos, se considera importante saber cuáles son esas políticas adecuadas y sobre todo como aplicarlas.

La capacidad de visualizar y anticipar las acciones en la planeación de la ciudad representa una visión a futuro en la que las ciudades sean capaces de anticiparse a sus propias deficiencias o debilidades para gestionar entre otras cosas, sus propios recursos en pro de la calidad de vida de los habitantes y siempre bajo la conducción de una planeación adecuada para dicha actuación. (Gutiérrez, 2018) señala que “los riesgos urbanos y las acciones de mitigación frente al cambio climático se encuentran asociados a la resiliencia y a la acciones ambientales en concurrencia con los actores involucrados; asimismo, se destacan las acciones de cooperación y coordinación sectorial y se apuesta a las capacidades locales para desarrollar e implementar reducciones de riesgos de desastre y planes de respuesta en reconocimiento de las catástrofes naturales del pasado reciente” (Gutiérrez, 2018, pág. 88).

Lograr identificar por un lado, las capacidades locales y por otro, el reconocimiento de los impactos y riesgos, dirigirá a la ciudad y su planeación a uno o varios esquemas adecuados que guíen a la ciudad a fin de prever y anticipar todas (o al menos las más relevantes) las

actividades presentes en el territorio contribuyendo a la habitabilidad, sostenibilidad y al potencial económico de una ciudad, principio mencionado por la ONU Hábitat (2015) para lograr el propósito de mejora así como adecuación.

Si la ciudad adopta este principio de reconocimiento anticipado, estaría avanzando hacia una transformación de la forma tradicional de hacer ciudad del Siglo XX, caracterizada por un plan rígido y unidireccional que “ha mostrado ser insuficiente para gestionar el crecimiento de la ciudad y los cambios que en ella ocurren “(Gutiérrez, 2018, pág. 92), Evolucionando hacia un sistema dinámico y constante que fomente, guíe y organice las decisiones relacionadas con la planeación urbana.

1.3.1 El agua como un recurso para la vida

Dentro de todos, el agua, es uno de los recursos naturales más importantes que se relaciona directamente con la calidad de vida de la población y sin duda alguna; hoy en día los principales desafíos de la ciudad son los relacionados con la calidad de vida de sus habitantes y con la expansión urbana que incrementa los costos ambientales. La Organización de las Naciones Unidas afirma que la concentración urbana, las pautas insostenibles de producción y consumo, y una gestión urbana inadecuada agravan los problemas del medio ambiente; más allá de los efectos físicos.

En realidad, el problema no radica en la cantidad de agua disponible, ya que esta permanece constante desde hace millones de años. Los científicos estiman que en la hidrosfera hay un volumen de 1,386 millones de km³ de agua, la gran mayoría de la cual se encuentra en los océanos y mares salados. Del total de agua dulce en el mundo, que representa aproximadamente el 5% del volumen total, el 75% no es fácilmente accesible (como el hielo y la nieve), y la mitad de esa agua dulce está congelada en los polos. Por lo tanto, solo el 1% del agua total está disponible de forma accesible y económicamente utilizable con la tecnología actual. Sin embargo, de esta agua disponible, el 79% es subterránea, con la mitad de ella ubicada a más de mil metros de profundidad.

El verdadero problema son las alteraciones en el ciclo del agua hechas por las actividades humanas, así como la forma insostenible en que se usa. Alessi Kachadourian (2020) aclara que, aunque constantemente se habla de escasez, en realidad no existe tal escasez. Considera que este concepto es más bien económico, definido por quienes toman las decisiones sobre quién tiene acceso al agua y quién no. Sostiene que, aunque el agua existe de manera natural, eso no significa que deba ser utilizada de manera ineficiente, como, por ejemplo, extrayendo más agua de la que se recarga o sin darle un tratamiento y gestión adecuados.

“El agua circula en distintas fases, lo que se conoce como el ciclo hidrológico, que se puede definir como aquella “sucesión de etapas que atraviesa el agua al pasar de la atmósfera a la tierra y volver a la atmósfera: evaporación desde el suelo, mar o aguas continentales, condensación de nubes, precipitación, acumulación en el suelo o masas de agua y reevaporación” (Campos Aranda, 1992, pág. 4).

Implica un proceso de transporte continuo y recirculante, que no tiene un final definido, principalmente debido a dos factores: la energía solar que eleva el agua (evaporación) y la gravedad terrestre que provoca que el agua condensada descienda (precipitación y escurrimiento). Como cualquier ciclo, no tiene un inicio ni un final claros, y su descripción puede comenzar en cualquier punto.

Según lo describe (Seguín Tovar, 2020), la atmósfera se mueve en flujos de vapor de agua; después; una vez condensada en forma de lluvia, cae para transformarse en agua superficial que escurre en la corteza terrestre y se convierte en agua subterránea al infiltrarse a través de las zonas de recarga, para dar inicio a un recorrido en su fase subterránea de decenas de metros o miles de kilómetros a distintas profundidades, volviendo a florar entonces en manantiales, manglares o en grandes ríos y lagos.

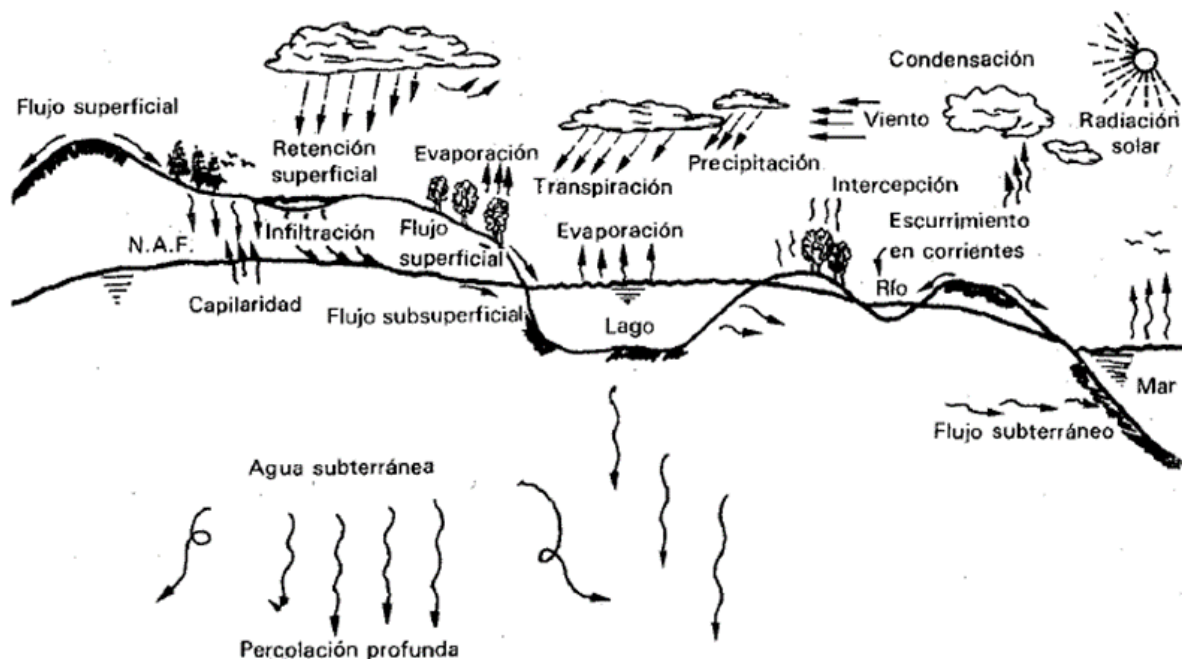


Figura 13 Ciclo hidrológico

Fuente: Retomado de (Aparicio Mijares, 1992, pág. 17)

Por su parte, (Aparicio Mijares, 1992, pág. 17) menciona que (Figura 13), “el agua que se encuentra sobre la superficie terrestre o muy cerca de ella se evapora bajo el efecto de la radiación solar y el viento. El vapor de agua, que así se forma, se eleva y se transporta por la atmósfera en forma de nubes hasta que se condensa y cae hacia la tierra en forma de precipitación. Durante su trayecto hacia la superficie de la tierra, el agua precipitada puede volver a evaporarse o ser interceptada por las plantas o las construcciones, luego fluye por la superficie hasta las corrientes o se infiltra. El agua interceptada y una parte de la infiltrada y de la que corre por la superficie se evapora nuevamente. De la precipitación que llega a las corrientes, una parte se infiltra y otra llega hasta los océanos y otros grandes cuerpos de agua, como presas y lagos. Del agua infiltrada, una parte es absorbida por las plantas y posteriormente es transpirada, casi en su totalidad, hacia la atmósfera y otra parte fluye bajo la superficie de la tierra hacia las corrientes, el mar u otros cuerpos de agua, o bien hacia zonas profundas del suelo (percolación) para ser almacenada como agua subterránea y después aflorar en manantiales, ríos o el mar”.

Es la inexistencia de una visión sistémica sobre estos componentes del ciclo hidrológico y ecosistémico lo que ha generado la problemática hídrica en las ciudades.

Alessia Kachadourian (2020), considera que una estrategia importante es centrarse en la fase subterránea porque es la porción de la que se tiene más disponibilidad y de la que más dependemos. Explica que agua subterránea no llega únicamente mediante precipitaciones locales pues hay agua que proviene de otras zonas gracias a lo que se conoce como flujos regionales que viajan cientos de kilómetros por debajo de la tierra. Hacer más eficiente la extracción de agua subterránea depende del entendimiento de donde viene, donde se recarga, por donde circula, a que profundidades y la distancia que recorre hasta que aflora en la superficie para formar manantiales, ríos, lagunas, lagos y mares.

1.3.2 El agua como recurso para el desarrollo urbano

El agua es considerada determinante para el funcionamiento de las ciudades y del sistema económico. Prácticamente el conocimiento del recurso está condicionado a la política económica y mientras que no sea reconocido estratégicamente por su valor ambiental, social y económico para garantizar soberanía nacional; no se podrán generar cambios de paradigma.

El uso del agua en el entorno urbano es la conexión más directa entre la gestión del agua y las personas en su rol como ciudadanos. Tanto las ciudades como las áreas rurales dependen del agua para sustentar sus dimensiones sociales, económicas y ambientales. El suministro seguro de agua para sectores como la industria, la agricultura y la generación de energía son claros ejemplos de su relevancia. Sin embargo, las fuentes de agua enfrentan el riesgo de escasez y contaminación, lo que disminuye su capacidad para proveerla adecuadamente.

Las decisiones administrativas públicas y la investigación académica y científica se concentran en estimar los volúmenes de agua con los que se cuentan; cuando no se ha entendido su dinámica ambiental, claro ejemplo la división de agua en superficial y subterránea, cuando es la misma agua que se está moviendo constantemente y que circula por todo el territorio (Rosen, 2020).

El agua, aunque siempre ha sido esencial para la existencia de las ciudades incluso

determinando sus orígenes, fue considerada por los planificadores del Siglo XX como un elemento poco o nada importante a nivel del ordenamiento espacial de las ciudades. Es un recurso que se ha vuelto cotidiano e insignificante por la amplitud y complejidad de sus instalaciones.

Las infraestructuras del pasado protegieron a la población de enfermedades, sequías e inundaciones, pero son esas mismas infraestructuras hoy obsoletas, las que ponen en peligro a las ciudades. Durante más de un siglo, el agua potable y las aguas servidas se manejaron de manera subterránea y oculta, mientras que las aguas de lluvias fueron vistas como un elemento ocasional pero conflictivo, refrescante pero también riesgoso.

Históricamente se les ha concebido de manera independiente a la planificación y al desarrollo urbano, sin embargo, con el advenimiento del cambio climático, las lluvias se incrementaron, y el riesgo de inundación se convirtió en amenaza constante para muchas ciudades del mundo. Las aguas urbanas deben cambiar su rol para consolidarse como determinantes esenciales en los procesos de planificación de las ciudades.

La demanda de agua en las ciudades abarca muchos sectores: residencial, industrial, ecológico, etc. por lo que a medida que las ciudades continúen creciendo, a su vez, tendrán más demanda de agua, para lo que los planificadores deben pensar en el futuro. En las ciudades se concentran principalmente el uso doméstico y el uso industrial del agua, debido principalmente a la expansión de las actividades industriales y de los servicios que tienden a concentrar la población en espacios reducidos, los movimientos migratorios de población se dirigen hacia las ciudades y dan lugar a su multiplicación y acelerado crecimiento.

Al final del Siglo XX, el uso urbano del agua comenzó a ganar una relevancia que antes no tenía, y a principios del Siglo XXI, la gestión del agua en las ciudades se ha vuelto fundamental y estratégica tanto para el desarrollo del país como para el bienestar de la población, en la misma medida que aumentan los usos públicos e industriales.

“Existe una perspectiva generalizada de una reducción significativa en la disponibilidad de

agua” (Jiménez Cisnero, Torregrosa y Armentia, & Aboites Aguilar, 2010, pág. 123), por lo tanto, el modelo integral de gestión del agua no debe centrarse únicamente en el suministro, basándose en dotaciones constantes de agua por persona, sino que debe enfocarse principalmente en gestionar la demanda, a través del aumento de la eficiencia física y el establecimiento y mejora de los patrones de uso y gestión del recurso.

El proceso de desarrollo en el abastecimiento y gestión del agua urbana se puede dividir en tres etapas (Barkin, 2006). En la primera fase, las poblaciones y ciudades se establecen cerca de ríos y lagos, utilizando las fuentes de agua superficial de manera relativamente económica para su abastecimiento. Según Barraqué (2008), desde hace más de cinco mil años, las primeras ciudades de Mesopotamia, al igual que muchas otras grandes urbes, se situaron cerca de ríos, resolviendo sus necesidades hídricas a través de obras de ingeniería y canales que transportaban el agua por gravedad. En México, este modelo fue el más común en muchas ciudades hasta mediados del siglo XX. La Ciudad de México, por ejemplo, se encuentra junto a un lago, y otras ciudades se ubican cerca de ríos u otras fuentes hídricas que les permiten cubrir su demanda. La característica principal de esta etapa es que las ciudades se construyen en los lugares donde el agua está disponible.

En la segunda fase, las ciudades empiezan a obtener agua mediante grandes presas y complejos sistemas hidráulicos que incluyen acueductos y el bombeo desde otras cuencas. Con la llegada de la energía eléctrica, se empieza a extraer agua de los acuíferos a través de pozos profundos. En esta etapa, la principal característica es que el agua comienza a ser transportada hacia las ciudades, las cuales extienden sus acueductos y canales a distancias cada vez mayores. Esto ocurre principalmente cuando el crecimiento urbano provoca que la demanda de agua supere los recursos hídricos locales disponibles.

En México, la tecnología y las grandes obras han servido para abastecer agua, por ejemplo, a la Ciudad de México con el Sistema Cutzamala, a la ciudad de Monterrey con su acueducto desde la presa del Cuchillo y a la ciudad de Tijuana con el acueducto que le surte agua del río Colorado. Este tipo de manejo se caracteriza porque está movido por la oferta y por

considerar como constantes los patrones de consumo tanto en el sistema urbano como en las unidades de consumo doméstico.

La tercera fase se centra en gestionar la demanda y en el desarrollo de sistemas de información orientados a mejorar la eficiencia, conservar el recurso y asegurar su sustentabilidad. A diferencia de las etapas anteriores, el enfoque principal de esta fase es reducir al mínimo los recursos empleados y optimizar al máximo los beneficios obtenidos. “Se trata de un tipo de manejo más integral que pone el acento en la reducción de las pérdidas y en la revisión de los patrones de consumo” (Jiménez Cisnero, Torregrosa y Armentia, & Aboites Aguilar, 2010, pág. 125).

(Molina Prieto & Villegas Rodríguez, 2015) integran una cuarta, quinta y hasta sexta fase. Siendo la cuarta las ciudades con vías fluviales y con ciclos de agua y la quinta y sexta las más actuales; la ciudad que es sensible al agua.

En este escenario, mencionan (Molina Prieto & Villegas Rodríguez, 2015) los paradigmas tradicionales del agua en las ciudades se ven amenazados por cuatro factores: el crecimiento demográfico y las migraciones que desbordan la capacidad de suministro de las infraestructuras existentes, el envejecimiento de las redes construidas en siglos anteriores que las torna obsoletas e inoperables, los sistemas de drenaje pluvial que colapsan frente a los picos de lluvia generados por el cambio climático impactando las áreas urbanas con inundaciones incontrolables y la contaminación y degradación de las fuentes hídricas (superficiales y subterráneas) que destruye los ecosistemas y amenaza incluso la vida humana.

1.4 Hacia un Desarrollo Urbano Inteligente Sensible al Agua (DUISA)

Después de la revisión de los temas previos y reafirmando la necesidad de un nuevo modelo de desarrollo urbano que de línea de salida a las deficiencias presentes desde un inicio y, sobre todo, a la omisión de la sostenibilidad con respecto al agua desde su génesis, se concreta la propuesta del modelo de *Desarrollo Urbano Inteligente Sensible al Agua (DUISA)* que a

efectos de esta tesis se define como el conjunto de acciones técnicas, normativas, económicas, sociales y ambientales encaminadas al ordenamiento de la ciudad basado en la planeación urbana que integre el ciclo del agua; particularmente precipitación y escorrentía; y la incorporación de tecnología de forma progresiva (innovación tecnológica) con base social.

El desafío, según (Molina Prieto & Villegas Rodríguez, 2015), radica en comprender los procesos hidráulicos naturales e intentar imitarlos e integrarlos con éxito en las ciudades estableciéndolos como elementos clave para el ordenamiento urbano. Este principio de mimetización con la naturaleza de la ciudad permitirá aprovechar los recursos hídricos in situ permitiendo que se lleve a cabo la infiltración, evaporación y conducción, tal cual sucede en cualquier cuenca natural.

Los expertos en planeación y los integrantes de la comunidad pueden colaborar estrechamente y apoyar al gobierno en el desarrollo e implementación de políticas que ofrezcan soluciones innovadoras a los desafíos del agua, y que faciliten el desarrollo y gestión efectiva de los sistemas de agua urbanos.

Para la comunidad científica, está claro que las prácticas tradicionales de drenaje urbano necesitan ser replanteadas. Un cambio de paradigma en la gestión de las aguas pluviales que está surgiendo en todo el mundo y se caracteriza por la marcada transición de las infraestructuras tradicionales “duras” (sumideros y tubos de drenaje) a infraestructuras verdes (Marsalek y Chocat, 2002) e incluso hoy en día; azules.

Los retos actuales relacionados con la gestión del agua en las ciudades y los espacios urbanos requieren enfoques innovadores que integren el ciclo socio-hidrológico como un componente esencial del diseño (del Moral Ituarte, 2019). Según este mismo autor (del Moral Ituarte, 2019); la gestión del ciclo urbano del agua se enfrenta a los siguientes objetivos: i) la necesidad de reducir la presión sobre los recursos, ii) mayores demandas de calidad, iii) incremento de garantía, eficiencia y equidad, iv) incorporación del riesgo de cambio climático, v) mayor transparencia y rendición de cuentas, vi) participación social en la

gestión, así como la vii) adecuada integración de las políticas territoriales, urbanísticas e hidrológicas.

La capacidad de implementar soluciones a los problemas del agua está profundamente vinculada a la habilidad de construir una comunidad cohesionada (Lara García, 2016). Es necesario adoptar un nuevo modelo de gestión del agua urbana que sea público, democrático y participativo, fundamentado en principios de equidad social y respeto pleno a los derechos humanos.

Mejorar la gestión del ciclo urbano del agua requiere reformular la relación de la ciudad con el agua, (Medina Zapata, 2022) habla sobre la *Gestión inteligente del agua* (Tallón, 2021); la cual lleva a conocer sobre gestión del recurso hídrico mediante los cuidados en su distribución y uso; así como, los beneficios que ayudan de manera total en la sobrevivencia de los seres humanos la gestión.

El empleo de tecnología permite gestionar de manera eficiente el cuidado, distribución y sostenibilidad del agua, aprovechando el conocimiento que ha avanzado significativamente en los últimos años, lo que facilita la vida y contribuye científicamente a mejorar, prevenir y reducir costos, entre otros beneficios. (Miñarro, 2022; Samaniego, 2022)

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2013), considera que los procesos de sensibilización y concientización son elementales para la adopción de las tecnologías de uso eficiente del agua, pero se necesita de grandes esfuerzos de inversión en infraestructura, equipos y formación humana para crear una cultura de la gestión sostenible e integrada de los recursos hídricos, bajo un enfoque de manejo de ecosistemas y uso racional de los recursos naturales.

Por otro lado, se integra también el concepto de contrato hidro social (Bermejo Martín, 2021); un contrato de la ciudadanía, y todos los *stakeholders*, que debería aspirar a utilizar más eficientemente el agua reduciendo en la medida de lo posible su demanda y minimizando la generación e impacto de agua residual, a regenerar, en el medioambiente local. Cuidar y

restaurar las fuentes y el entorno del agua, reducir los riesgos de inundación, mejorar la estética y la conexión de la comunidad social con el agua, promocionar la autosuficiencia en el consumo de agua, reducir los costes de despliegue y mantenimiento de la infraestructura del agua y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero asociados al tratamiento del ciclo integral del agua.

Brown (Bermejo Martín, 2021, págs. 35-37), describe una clasificación del estado de evolución de la inteligencia de la ciudad respecto al agua (nivel de *Water Smart City*) que consiste en los siguientes seis estados de ciudad (Figura 14):

1. Water supply city (ciudad suministradora de agua): 1800, entrega de volúmenes de agua ilimitados, seguros y baratos a una población urbana que crece rápidamente.
2. Sewered city (ciudad con alcantarillado y saneamiento): 1890, servicios de saneamiento para protección de la salud.
3. Drained city (ciudad con drenaje): 1950, protección de la ciudad frente a inundaciones, servicios en manos de autoridades e instituciones de corte centralizado.
4. Waterways city (ciudad con vías de agua): 1960, protección del medio ambiente (environmentalism), toma de medidas para reducir la contaminación de los recursos hídricos, se regulan descargas de residuos, se sustituyen fosas sépticas por sistemas de alcantarillado centralizados, nuevas tecnologías como humedales y sistemas de biofiltración para proteger vías de agua receptoras de agua contaminada.
5. Water cycle city (ciudad basada en el ciclo del agua): aceptación normativa creciente, uso de diversidad de fuentes de agua en distinto rango de escala, con sensibilidad hacia los ciclos, debate entre el suministro centralizado o descentralizado del agua.
6. Water sensitive city (ciudad sensible al agua): no hay ejemplos de este modelo actualmente, protección intergeneracional de equidad respecto a los recursos naturales y la integridad ecológica, preocupación de que la comunidad y el medio ambiente sean resilientes, comunidad comprometida con un estilo de vida sostenible, tecnologías, infraestructura y formas urbanas diversas y flexibles,

diseñadas para reforzar las prácticas sostenibles y el capital social reconociendo la unión entre tecnología y sociedad.

El mismo autor (Bermejo Martín, 2021), anexa un séptimo estadio, el 7. Integrated water resources management (IWRM); en el que se da la integración de tecnología y soluciones TIC, compuesta por los siguientes elementos: i) dispositivos inteligentes (hogares, edificios, red), ii) red de telecomunicaciones, iii) tratamiento de datos e información.

Hoy en día son varias las estrategias urbanas (modelos de desarrollo) que tienen en cuenta estos conceptos de sostenibilidad, integración, inteligencia y tecnología a partir de las cuales se están gestando nuevos paradigmas para el manejo de las aguas urbanas. Se pueden mencionar los siguientes: Low impact development (LID) (EUA), Low impact urban design and development (LIUDD) (EUA), Source control (SC) (EUA, 2012), Integrated urban water management (IUWM) (EUA, 1981), Green Infraestructure (GI) (EUA, 1990), Best management practices (BMP) (EUA, 2004), Storm water control measures (SCM) (EUA, 2004), Experimental sewer system (ESS) (ASIA), Manual saliran mesra alam (MSMA) (ASIA), Urban ecological infraestructure (UEI) (ASIA, 2017), Alternative techniques (AT) (EUROPA), Dezentrale regenwasserbewirtschaftung (DR) (EUROPA, 2006), Lokalt omhändertagande av dagvatten (LOD) (EUROPA, 1983), Lokalt afledning af regnvand (LAR) (EUROPA, 1990), Water Sensitive Urban Design (WSUD, 1992), Water Sensitive Cities (WSC) y Agua azul para ciudades verdes (AL, 2009).

Los modelos arriba mencionados evidencian la efervescencia de una nueva agenda para el manejo sustentable del agua teniendo como base el contrato hidro social y que incluye la recarga de acuíferos, la utilización de aguas pluviales y aguas tratadas, la reutilización de aguas grises y la incorporación de dispositivos ahorradores de agua (Perló & Loreta, 2018).

Sin ser limitativo, se describen dos de estas estrategias que parecen ser las más fértiles para impulsar la implantación del nuevo paradigma: una desarrollada en Australia y otra en China.

En Australia se maneja el Diseño Urbano Sensible al Agua (WSUD por sus siglas en inglés)

(Brown y Clarke, 2007); concepto que ha logrado transformar la visión tradicional de la planeación urbana poniendo por primera vez en la historia de las ciudades, una sinergia entre la planeación hidrológica y la planeación urbana. En China la idea de Ciudad Esponja, cuyo fundamento es prácticamente el mismo.

El Diseño Urbano Sensible al Agua (WSUD) es un enfoque de “diseño total del ciclo urbano del agua, basado en el concepto de agua como sistema, que incorpora el suministro de agua, la gestión de aguas pluviales, la gestión de aguas subterráneas, las aguas residuales y el diseño urbano de una forma que contribuye a la protección del medio ambiente” (Gluckman, 2017, pág. 13). El enfoque de ciudades sensibles al agua “integra la comprensión del ciclo del agua con el desarrollo del paisaje urbano y da como resultado un equilibrio ecológico” (Ali, Latif, Sondang, Suyanti, & Zubair, 2018, pág. 14).

Buurman y Padawangi (2017), definen a la ciudad sensible al agua como aquella infraestructura física y sistemas sociales que pueden usarse para crear una ciudad que mejore tanto la calidad de vida como las relaciones humanas con los sistemas de agua.

Esta interrelación puede intensificarse mediante la innovación tecnológica, ofreciendo datos que faciliten su gestión y toma de decisiones a nivel local; “cada área, y en particular cada ciudad, tendrá un historial de gestión del agua que puede ofrecer información sobre la demanda de los suministros de agua actuales, así como datos que conducirán a una mejor comprensión de cómo cambian las demandas de agua a medida que la población aumenta o disminuye” (Silva Rodríguez de San Miguel, 2019, pág. 15).

El ciclo del agua se divide en seis fases, y para determinar cuál de ellas se ajusta mejor a las necesidades de una región, es fundamental analizar a fondo las condiciones específicas de la ciudad, sus habitantes, así como su hidrología, geología y tecnología. El nivel de desarrollo de una nación o ciudad influye en la elección de la etapa más adecuada para iniciar su evolución.

En 2009, Wong y Brown Afirmaron que ninguna ciudad en el mundo puede considerarse

completamente sensible al agua, aunque existen ciudades en ciertas regiones que están a la vanguardia en la transición de los sistemas actuales hacia un enfoque más orientado a la gestión consciente del agua. Como señala Fryd (2013) el Diseño Urbano Sensible al agua podría implementarse como una adaptación para reducir los desbordamientos combinados del alcantarillado, aunque existe poca investigación sobre cómo integrar este enfoque en contextos urbanos.

Fryd (2013), llevó a cabo un estudio con el objetivo de identificar la forma más adecuada de gestionar la escorrentía de aguas pluviales, proponiendo diversas estrategias, entre las cuales se incluyeron:

- Utilizar técnicas de WSUD en los sitios más fáciles
- Continuar las operaciones regulares en los sitios más difíciles
- Desarrollar sistemas de infiltración de aguas pluviales
- Transmitir desbordamiento a varios parques y arroyos

Chini et al. (2017), proponen una serie de mejores prácticas de gestión reveladas, que incluyen lo siguiente:

- Infiltración: a través de pavimentos y macetas permeables, a través de áreas de retención biológica, viajes a biografías y franjas de vegetación en áreas de detención
- Transporte: a través de pavimentos permeables, áreas de biorretención destinadas a calmar el tráfico y saltos en la calle
- Sistemas naturales: incluye un mayor número de copas de árboles, humedales artificiales y humedales restaurados, áreas de arroyos con luz natural y reverdecimiento de lotes abandonados
- Reutilización de aguas pluviales: mediante el uso de la captura de aguas pluviales y cisternas
- Edificios: incluyendo proyectos de techo verde, proyectos de techo azul y cisternas
- Otras medidas: especialmente medidas de política y gestión

Lo que es cierto es que “no existe un método correcto o incorrecto para abordar las modificaciones, y que diferentes modificaciones serían apropiadas para diferentes condiciones de la tierra, sitios y tipos de uso de la tierra” (Fryd, y otros, 2013, pág. 26)

La habilidad del suelo para retener agua depende de factores como su textura, estructura, profundidad y nivel de materia orgánica. Sin embargo, cuando el suelo queda cubierto por desarrollos urbanos, como edificios y carreteras pavimentadas, pierde contacto con la lluvia, lo que genera un incremento en la escorrentía superficial y eleva el riesgo de inundaciones. (Rodríguez, Cuevas, Martínez y Moreno, 2014).

Para reducir dicho riesgo, se recomiendan niveles mínimos de infiltración en la superficie (drenaje), junto con “una porción mínima de espacio abierto”, igual a la mitad de todas las áreas pavimentadas (Rodríguez et al., 2014). Esto se puede lograr mediante el uso de Sistemas de Drenaje Urbano Sostenible (SUDS) o Soluciones Basadas en la Naturaleza (Hoang y Fenner, 2016).

Los SUDS son una parte del enfoque WSUD que incluye sistemas diseñados para captar el agua de lluvia mediante filtración a través de tuberías permeables, además de métodos para almacenar el agua recolectada y utilizarla posteriormente o “deje... filtrar en el subsuelo para reponer los acuíferos subterráneos” (Rodríguez et al., 2014). Están diseñados para cumplir con los objetivos clave de la gestión del riesgo de inundaciones y el control de la calidad del agua mediante una extensa red de elementos de diseño sostenible interrelacionados, que pueden integrarse en zonas residenciales, aceras, calles, estacionamientos, espacios abiertos y otras áreas urbanas (Dong, Guo, y Zeng, 2017).

El propósito principal de estos sistemas de drenaje es facilitar una mayor infiltración de agua hacia zonas de recarga o acuíferos, reduciendo al mismo tiempo las superficies impermeables causadas por el pavimento o el desarrollo urbano. Ejemplos de SUDS incluyen pavimentos modulares en estacionamientos, diseñados para permitir la infiltración del agua de lluvia desde su superficie, y zanjas de infiltración rellenas de grava ubicadas junto a accesos residenciales, que pueden utilizarse para captar y filtrar el agua de lluvia procedente de techos

y pavimentos (Rodríguez et al., 2014).

En cuanto a las Soluciones Basadas en la Naturaleza (SBN) son estrategias que buscan trabajar con la naturaleza en lugar de reemplazarla con infraestructura artificial, promoviendo la restauración de ecosistemas. Estas estrategias no solo mejoran la resiliencia climática, sino que también generan co-beneficios como la mejora de la calidad del aire, la captura de carbono y la creación de empleos locales

(Wong & Brown, 2009) destacan las siguientes cualidades de estas ciudades sensibles al agua:

- Los ciudadanos tienen “acceso a una diversidad de fuentes de agua” entregadas tanto por infraestructura centralizada como descentralizada
- Se proporcionan “servicios de ecosistema” centrados en satisfacer las necesidades del “entorno natural y construido”
- Hay capital social y capital político para alentar “la sostenibilidad y los comportamientos sensibles al agua”

Al respecto, Perét (2017) enfatizó la importancia de incorporar opiniones no solo de la administración pública, sino también de los residentes y las partes interesadas. Es crucial involucrar a la comunidad local, no solo mediante programas educativos, sino también fomentando su participación para garantizar una mayor aceptación y sentido de responsabilidad en las iniciativas de sostenibilidad hídrica, especialmente en aquellas con las que interactuarán directamente.

Para construir un futuro más sólido, es importante adoptar una visión integral del agua y la infraestructura. Esto implica considerar también los cambios en la percepción del espacio, junto con factores económicos, políticos y sociales, para avanzar hacia un entorno urbano que valore y proteja tanto el espacio público como los sistemas ambientales.

La búsqueda de metas de sostenibilidad en la infraestructura hídrica se presenta como una

oportunidad para fortalecer la cooperación entre el sector público y privado, destacando esta colaboración como un medio clave para alcanzar la descentralización de los servicios y los compromisos que garantizan su efectividad.

Es una estrategia de planeación urbana sostenible que abarca la gestión de las aguas subterráneas, la escorrentía de superficie, el agua potable y las aguas residuales, con el objetivo de preservar los valores ambientales, recreativos y culturales asociados al agua. (Noordhoek, 2014). Y aunque es una propuesta sin un modelo fijo, sigue una serie de principios de diseño universal, especialmente aquellos que se basan en el ciclo hidrológico natural. (Barraclough y Lucey, 2010).

Los principios fundamentales del Diseño Urbano Sensible al Agua indican que pocos aspectos clave del proyecto pueden resolverse con una sola política, como la construcción de un lago o humedal, o mediante la implementación de un sistema o política simple para el drenaje y la prevención de inundaciones (Nassar, El-Samaty, y Waseef, 2017).

A partir de lo descrito el modelo DUISA rescata los siguientes elementos para su configuración (Figura 14):

- Contrato hidrosocial
- Descentralización
- Adecuación a las condiciones locales
- Escalabilidad
- Reducción de escala (Microcuenca, manzana y calle, edificación-espacio)
- Innovación tecnológica con base social

Al combinar la planeación urbana con la gestión del agua, se puede preservar el ciclo urbano hídrico y promover el desarrollo de infraestructuras más modernas y con mayor capacidad, lo que llevaría a mejoras significativas en la calidad del agua, la gestión de inundaciones y los espacios recreativos, además de fortalecer los ecosistemas locales y garantizar la seguridad hídrica para todos. El desarrollo urbano inteligente y sensible al agua pone énfasis

en la sostenibilidad, presentando un nuevo modelo de desarrollo urbano que es tanto sostenible como inteligente.

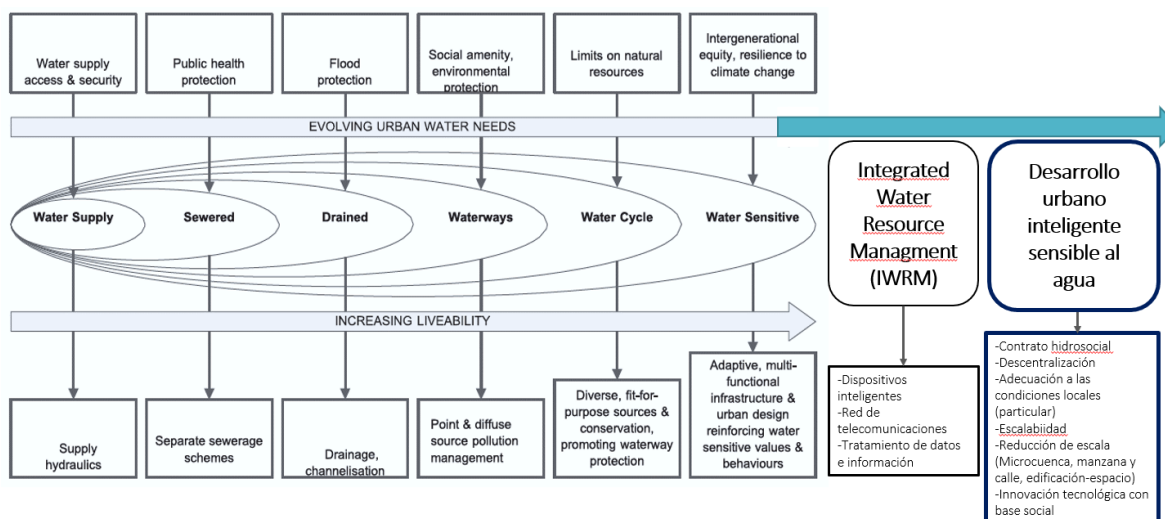


Figura 14 Nivel de water Smart city hasta el modelo DUISA
Fuente: (Bermejo Martín, 2021) con intervención propia

Conclusiones Capítulo 1

A partir de la pregunta planteada ¿La planeación del Siglo XXI considera el agua como eje de desarrollo urbano?; y con base en lo revisado en este capítulo se afirma que definitivamente no ha sido considerada. Como pudo leerse en la reflexión, el desarrollo de la planeación urbana en el pasado siglo, e incluso en el primer cuarto del Siglo XXI que estamos viviendo, ha estado destinada a fines funcionales basados en la zonificación de los asentamientos humanos con respecto a los intereses económicos y político-sociales; el tema ambiental y en especial el agua, como elementos rectores, no han sido parte de la historia contada.

Desde la instauración de planeación como instrumento de ordenación racional de la ciudad se perdió de vista la importancia de los ciclos medio ambientales, en especial el del agua, como parte integral del desarrollo urbano quedando solamente como insumo para las actividades humanas y las económicas en primer lugar. El agua no se ha visto como un recurso para la vida y mucho menos como un recurso para la planeación, su integración como parte de las estrategias urbanas ha sido parcial.

Los modelos de desarrollo urbano se estancaron, o más bien nunca resultaron adecuados para la realidad de las ciudades latinoamericanas, en las que las dinámicas urbanas tomaron su propio rumbo ignorando los procesos que se pretendieron instaurar para el desarrollo de la región, esta contradicción ha delegado a la planeación y a los planes como sus instrumentos a mera documentación que por ley se deben generar, pero que no siempre tienen el seguimiento y evaluación necesaria para poder reaccionar y/o replantear el rumbo para evitar situaciones de crisis, como suele suceder con la mayoría de los componente medioambientales.

A través de la planeación urbana, es posible organizar el desarrollo de las ciudades para que el proceso de urbanización evolucione de un modelo desordenado a uno estructurado, logrando al mismo tiempo equilibrar las funciones urbanas y rurales sin perjudicar los aspectos sociales, económicos y ambientales.

Si bien en México se han generado diversas instancias destinadas a la ejecución de la planeación de las ciudades; se ha constatado que con el paso de los años y las administraciones se les han ido quitando atribuciones poniendo en detrimento su actuación en temas más allá que lo físico-espacial-funcional, incluso el agua fue separada de sus funciones volviéndose un elemento (instancia) aparte.

Las diferencias en el abasto y demanda del agua en México, su contaminación, y la falta de una mejor gestión, integración, regulación y mantenimiento de las infraestructuras hidráulicas son responsables de la escasez de este recurso, aunado a la falta de visión de largo plazo de las instancias responsables para prever las externalidades negativas provocadas por el cambio climático y el agotamiento de los recursos naturales que en las ciudades tiende a ser más grave.

La escasez de agua impacta negativamente la calidad de vida de las personas. En los últimos años, las regiones centro y norte de México han enfrentado problemas de falta de agua debido al aumento de las sequías. El aumento de la temperatura y los cambios en los patrones de precipitación han afectado la disponibilidad del recurso en las principales cuencas hidrológicas del país.

A pesar de que ya son más de cuarenta años, desde que el paradigma del desarrollo sustentable se planteó, es evidente que nuestras ciudades están lejos de haberlo seguido, la dimensión ambiental recién se está considerando integrar de forma transversal, nuestras ciudades siguen creciendo y planeándose con esos instrumentos caducos y rígidos que como receta de cocina pretenden resolver de igual forma las condiciones tan diversas que cada asentamiento humano tiene.

El crecimiento urbano se ha dado de manera desordenada y sin seguir una planeación que controle el uso de suelo, que permita obtener el máximo beneficio de las diferentes zonas de acuerdo con su potencial. El crecimiento urbano desordenado provoca, entre otras cosas, un fuerte impacto ambiental derivado de la invasión de áreas de vegetación que protegen los mantos freáticos. Definir y proteger los cauces de escurrimiento e inducir la carga del

acuífero debe ser el camino por seguir sobre todo en las ciudades que hoy ya presentan estrés hídrico, o bien, aquellas que desean anticiparse y prever condiciones críticas de disponibilidad del líquido para el consumo y para el desarrollo de las actividades productivas.

México necesita una renovación de los enfoques que guían la gestión del agua. Los modelos actuales de desarrollo urbano en relación con este recurso fueron creados en contextos diferentes a los actuales y deben ser actualizados tomando en cuenta factores como el crecimiento de la población, la expansión urbana, la intensificación de las sequías, los cambios en las precipitaciones, la calidad de vida y la innovación. Además, es necesario invertir en infraestructura y en planeación urbana para garantizar la disponibilidad del agua.

En cuestión de la escala, una mejor gestión en el ámbito municipal es imprescindible para una mejora en el aprovechamiento de los recursos hídricos. La complejidad de los sistemas en grandes ciudades dificulta su gestión integral y la aplicación de soluciones innovadoras. En contraste, las ciudades intermedias pueden adoptar un enfoque más holístico y adaptable a las condiciones locales al tener una relación más estrecha con su entorno natural, lo que facilita la integración de la gestión del agua en la planificación territorial.

Es importante y necesaria la actualización de los planes municipales de desarrollo urbano; incorporando la idea de la planeación hídrica urbana, para un mejor cumplimiento de sus atribuciones con el objetivo de proveer a la población la disponibilidad de agua esto implica la modificación de las relaciones de extracción de agua del acuífero y la recarga de este.

Por otro lado, el impulso en la mejora del monitoreo del uso del agua mediante la inversión en la modernización de la infraestructura con proyectos de infraestructura y desarrollo tecnológico que abonen a asegurar la disponibilidad de agua en el futuro. Pero sobre todo mediante el fortalecimiento de la cultura del agua que inculque el ahorro, cuidado y uso racional de este recurso vital.

La educación y cultura del agua es un proceso constante de creación, actualización y cambio, tanto a nivel individual como colectivo, de valores, creencias, percepciones, conocimientos,

tradiciones, habilidades, actitudes y comportamientos relacionados con el agua en la vida diaria (CONAGUA, 2010), que tiene por objeto ayudar a las personas a desarrollar actitudes y capacidades y adquirir conocimientos que les permitan tomar decisiones fundamentadas en beneficio propio y de los demás, ahora y en el futuro, y a poner en práctica esas decisiones.

De manera general prevalece en el contexto nacional, una deficiente educación y cultura respecto al manejo sustentable del recurso agua, que se ve reflejado en actitudes como el desperdicio, la contaminación y el uso inadecuado. La población desconoce muchas veces de dónde viene el agua que sale de la llave. No está consciente de la importancia de los bosques y selvas para la captación y filtración del agua ni de los costos que conlleva el mantenimiento de esos ecosistemas, así como de la operación y el mantenimiento de la infraestructura y del sistema que lleva el agua a sus casas. La falta de cultura de la legalidad relacionada al tema del agua lleva también a una serie de problemas como, por ejemplo, a que la población en general se niega al pago del servicio al considerar que es una prestación u obligación del gobierno.

La única forma de alcanzar una gestión verdaderamente integrada de los recursos hídricos es mediante la educación y la cultura, especialmente enfocada en las nuevas generaciones. La gestión del agua no solo abarca la ciencia, la ingeniería, la economía e incluso la voluntad política, sino que, sobre todo, requiere la adecuada participación de la ciudadanía.

Se proponen finalmente la siguiente serie de acciones en la búsqueda de resolución-minimización de la problemática del recurso agua:

- Realizar en forma sistemática la recarga artificial y natural inducida de los acuíferos, asociando estos proyectos con la forestación y la retención de agua pluvial.
- Promover programas de infiltración de agua pluviales a los acuíferos, previa ubicación precisa de las zonas de recarga.
- Realizar obras de conducción de agua superficial.
- Ampliar-mejorar la infraestructura del sistema de drenaje pluvial.
- Fomentar e implementar el desarrollo de programas tendientes a la captación y

almacenamiento de agua de lluvia en lagos y vasos para su uso directo.

De acuerdo con lo desarrollado, se retoman tres fundamentos que para esta tesis serán sustento de la propuesta de la ciudad inteligente sensible al agua (Figura 15): el plan como estrategia para una gestión integral del agua, la tecnología como innovación hacia la ciudad inteligente que busca la calidad de vida de los habitantes y la escala como aptitud en una ciudad intermedia para la eficaz integración de los recursos locales; particularmente la gestión integral del agua.



Figura 15 Fundamentos del Desarrollo Urbano Inteligente Sensible al Agua

Fuente: Elaboración propia S.C.R.M (2022).

Asimismo, el caso de estudio se revisa considerando las cuatro dimensiones propuestas por (Torres, Galarza-Molina, & Molina-Prieto, 2019): natural, humana, material y normativa, que para efectos de esta tesis se nombrarán: natural, social, física e instrumental. Estas dimensiones son consideradas por los autores como las que deben ser intervenidas para que las ciudades inicien su transición hacia la sensibilidad al agua.

Incorporar la gestión del ciclo del agua como elemento del proyecto urbano de conjunto y reconocer a los agentes sociales como actores capacitados para la gestión de su propio hábitat

es necesario, de igual forma hacerlo desde una perspectiva multidisciplinar e integradora para abordar la diversidad y complejidad de los múltiples aspectos en presencia en los estudios del ciclo urbano del agua en el espacio habitado.

Se requiere de un conjunto de disciplinas que integren habilidades y conocimientos técnicos relacionados con los procesos de intervención urbana y el ciclo urbano del agua (como geografía, arquitectura, ingeniería o hidrología), así como con las dinámicas sociales de un territorio y la activación y participación de comunidades (como sociología, educación ambiental y dinamización social).



Capítulo 2. Marco normativo sobre planeación urbana y planeación hídrica

Este segundo capítulo responde a la pregunta sobre si ¿La planeación urbana y la planeación hídrica consideran al recurso hídrico en relación con el desarrollo urbano? Por lo que tiene como objetivo analizar los principales instrumentos normativos¹ de la planeación urbana y la planeación hídrica en México para develar sus principios que guían las estrategias aplicadas en el desarrollo urbano.

En México el marco normativo abarca; además de las normas legales, aquellas de carácter obligatorio o indicativo, así como decretos, reglamentos, políticas internas, entre otros que no son exclusivamente legales. El análisis se presenta desde la perspectiva de la historia comparada, es decir bajo un criterio cronológico para destacar los cambios en los paradigmas según el tiempo. Los instrumentos presentados son a nivel nacional y estatal.

Se presentan primero los instrumentos con respecto a la planeación urbana; el Manual para la elaboración de Planes de Desarrollo Urbano de Centros de Población de 1981, la Ley General de Asentamientos Humanos, ordenamiento territorial y Desarrollo Urbano de 2016, la Guía metodológica. Elaboración y actualización de programas municipales de desarrollo urbano de 2017, el Reglamento del Libro Quinto del Código Administrativo del Estado de México denominado “Del Ordenamiento Territorial de los Asentamientos Humanos y del Desarrollo Urbano de los Centros de Población, los Lineamientos para la elaboración de Programas Municipales de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano de 2022, la Norma Oficial Mexicana NOM-003-SEDATU-2023 Fortalecimiento del Sistema Territorial ante Amenazas de origen natural y de cambio climático de 2023 y la Norma Oficial Mexicana NOM-005-SEDATU-2024 Contenidos generales para planes o programas municipales de ordenamiento territorial y/o desarrollo urbano de 2024 (Figura 16).

¹ Se entiende como instrumento normativo al documento que establece reglas, obligaciones o derechos dentro del sistema legal (UNESCO, 2015)

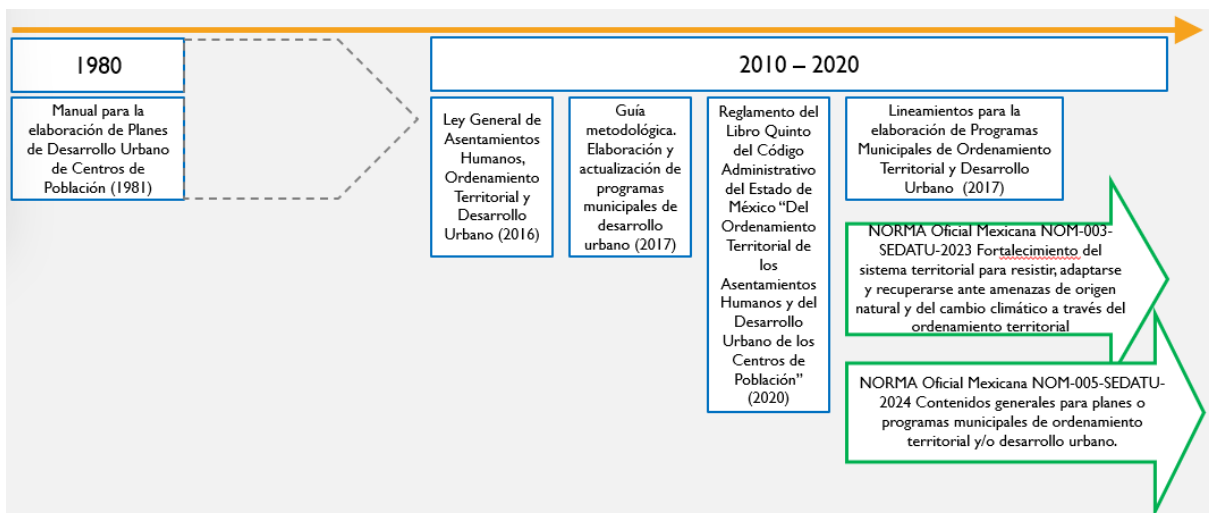


Figura 16 Principales instrumentos normativos de la planeación urbana en México y Estado de México

Fuente: Elaboración propia S.C.R.M (2024).

En un segundo apartado se presentan los instrumentos de la planeación hídrica; la Ley de Aguas Nacionales de 1992, el Atlas Nacional de vulnerabilidad al cambio climático de 2019, el Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024, el Programa Nacional Hídrico 2020-2024, el Programa nacional de protección civil 2022-2024, el Plan de Desarrollo del Estado de México 2023-2029 y el Programa hídrico integral del Estado de México 2023-2029 (Figura 17).

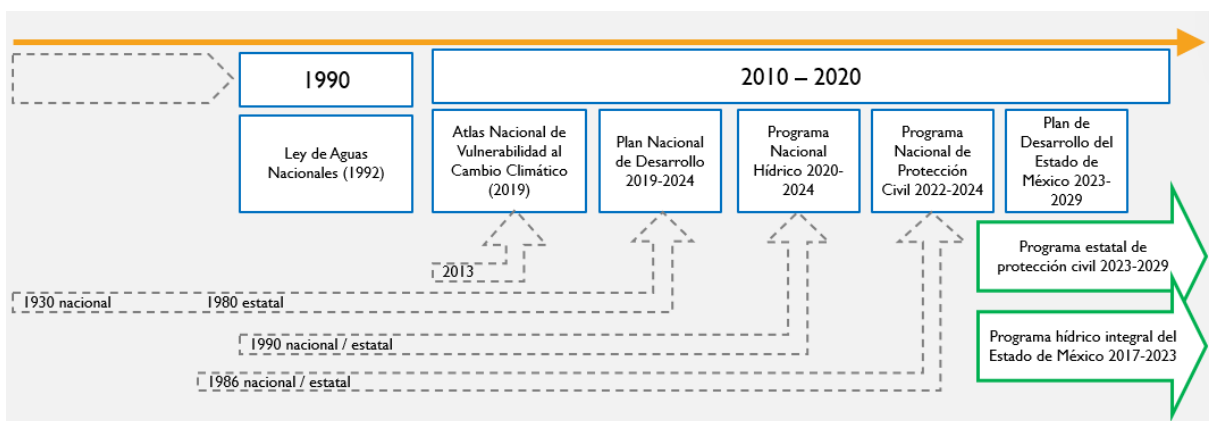


Figura 17 Principales instrumentos normativos de la planeación hídrica en México y Estado de México

Fuente: Elaboración propia S.C.R.M (2024).

2.1 Planeación urbana

Los planes de desarrollo urbano son los instrumentos que se han establecido para guiar el proceso de una forma racional. Se presenta un análisis del contenido y principios de las principales metodologías que han dado forma a los planes de desarrollo urbano en México; desde inicios de los años ochenta y hasta la actualidad; para comprender su génesis y evolución, y, sobre todo, su impacto en la forma en que la planeación urbana se ha llevado. Por interés de esta investigación, se enfatiza en el contenido afín a los aspectos hidrológicos.

2.1.1 Manual para la elaboración de Planes de Desarrollo Urbano de Centros de Población (PDUCP) (SAHOP, 1981)

Este manual, pionero en su tipo, es producto de la experiencia puesta en práctica previamente por la Dirección General de Centros de Población y su Guía sobre Forma y Contenido de los Planes de Desarrollo Urbano de Centros de Población elaborada en 1979. Como resultado de su aplicación, se realizaron 133 planes con la intención de ordenar y regular los asentamientos humanos nuevos y existentes en el país, específicamente aquellos entre 100 mil y 500 mil habitantes.

Es un documento dirigido a técnicos de los equipos locales de planeación y expuso de forma didáctica cada uno de los pasos de la metodología considerada indispensable para elaborar los planes. Describe los requerimientos técnicos de cada etapa, la información básica a recabar, la interpretación de los datos y su procesamiento, mediante técnicas de representación gráfica y de resumen en aspectos cuantitativos y cualitativos para llegar a las conclusiones que fundamentarían el PDUCP mediante la definición de estrategias, etapas, criterios, políticas e instrumentos.

La estructura del manual está organizada en tres partes: aspectos preliminares; que describe las etapas iniciales, los antecedentes y el nivel instrumental; que se refiere al proceso mismo de elaboración y los productos obtenidos, y finalmente; la forma y contenido, que describe lo que debe tener un PDUCP al momento de su presentación. Considera un último apartado que comprende los anexos técnicos, que son los documentos que le dan fundamento al plan.

Referente a las partes propias del PDUCP, se consideran las siguientes: antecedentes, nivel normativo, nivel estratégico, programas de desarrollo urbano y corresponsabilidad y nivel instrumental.

Los componentes y subcomponentes que en antecedentes se enlistan para realizar su análisis, diagnóstico y pronóstico son:

- Medio ambiente natural; para definir áreas aptas para el desarrollo urbano
- Vivienda, infraestructura, vialidad y transporte, equipamiento urbano, imagen urbana, medio ambiente, riesgos y vulnerabilidad, suelo; para definir la estructura urbana
- Aspectos socioeconómicos
- Finanzas públicas; para definir aspectos financieros y,
- Administración urbana; para definir aspectos administrativos

Es de notar, que hace como propuesta de diagnóstico-pronóstico integrado, la inclusión de medio ambiente natural, vivienda, infraestructura, vialidad y transporte y equipamiento urbano, dejando fuera imagen urbana, medio ambiente, riesgos y vulnerabilidad y suelo, aspectos que son de importancia para la definición del desarrollo urbano.

Presenta como parte de los subcomponentes del diagnóstico y pronóstico un análisis hidrográfico; cuyo propósito es la ubicación de cuerpos de agua superficiales (ríos, arroyos, lagunas, presas, bordos, canales pantanos, esteros, etc.) y subterráneos (zonas de recarga acuífera, manantiales, pozos y zonas con posibilidad de agua subterránea), para formular estrategias de conservación y usos dentro del proceso de planeación urbana. Asimismo, la identificación de zonas que presenten riesgos potenciales para el asentamiento humano como: zonas inundables; aquellas que se encuentran en las inmediaciones de un cuerpo de agua superficial o escurrimiento, y los cauces de escurrimientos no controlados, es decir, cauces de escurrimientos en pendientes pronunciadas.

Finalmente, en su discurso aclara que, al ser un instrumento didáctico, constituía un

documento susceptible de ser perfeccionado mediante las observaciones que surjan de quienes lo utilizaran; por lo que no se le consideró prescriptivo sino propositivo al prever la enorme gama de variaciones que se pueden presentar en las condiciones reales de los centros de población. Hace énfasis en que de ninguna manera debía considerarse como un instructivo siendo necesarios la imaginación, el sentido común y el conocimiento de la realidad para contrarrestar la idea de que su elaboración es fácil y rápida; sino más bien entenderlo como un trabajo difícil, complejo y de mucha responsabilidad (Figura 18).

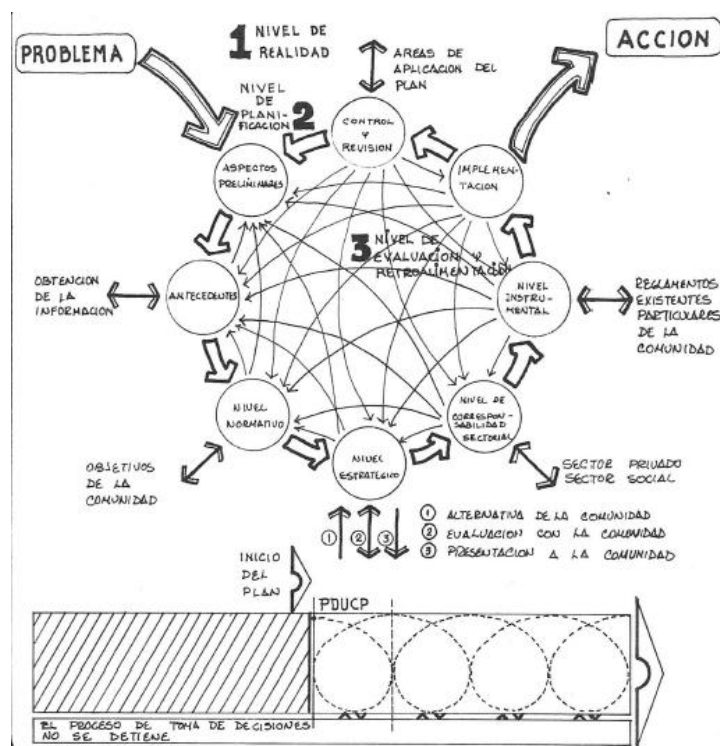


Figura 18 Proceso de la planeación urbana

Fuente: Manual para la elaboración de Planes de Desarrollo Urbano de Centros de Población (1981).

A pesar de estas aclaraciones, es innegable su influencia en la metodología que le siguió y que se sigue aplicando no con esa cualidad flexible; sino como la receta de cocina a seguir. Es importante mencionar que su contribución principal radica en la toma de decisiones desde una mirada más racional y fundamentada que estableciera un camino “común” en el proceso de elaboración de los planes.

2.1.2 Ley General de Asentamientos Humanos, Ordenamiento territorial y Desarrollo Urbano (LGAHOTDU) (2016)

La LGAHOTDU establece el marco legal para regular la planeación, el desarrollo, y la gestión de los asentamientos humanos y el uso del territorio en México. Esta ley, promulgada en 2016; en términos de lo dispuesto en el artículo 27 de la CPEUM, tiene como objetivo principal promover un desarrollo urbano ordenado, equitativo y sostenible, asegurando que el crecimiento de las ciudades se realice de manera que se respeten los derechos de las personas, se proteja el medio ambiente y se optimice el uso de los recursos naturales; con la participación de todos los sectores de la sociedad y bajo la supervisión coordinada de los diferentes niveles de gobierno; nacional con la estrategia nacional de ordenamiento territorial, estatal con los programas estatales de ordenamiento territorial y desarrollo urbano y municipal con los planes o programas municipales de desarrollo urbano. Así como los derivados tales como los de centros de población, parciales, sectoriales, esquemas de planeación simplificada y centros de servicios rurales.

Su contenido se organiza en diez títulos: disposiciones generales, de la concurrencia entre órdenes de gobierno, coordinación y concertación, órganos deliberativos y auxiliares, sistema de planeación del ordenamiento territorial, desarrollo urbano y metropolitano, de las regulaciones de la propiedad en los centros de población, resiliencia urbana, de la movilidad, instrumentos normativos y de control, gestión e instrumentos de suelo para el desarrollo urbano, instrumentos para el financiamiento del desarrollo urbano, instrumentos de participación democrática y transparencia, instrumentos de fomento y de la denuncia ciudadana y las sanciones.

En las disposiciones generales se establece que la planeación y ordenación territorial debe conducirse en apego a la resiliencia, seguridad y riesgos; así como a la sustentabilidad ambiental, particularmente en cuanto al uso racional del agua.

A nivel municipal, en el capítulo cuarto del título segundo, se atribuye a los ayuntamientos, primeramente; la promoción y ejecución de acciones para prevenir y mitigar el riesgo de los

asentamientos aumentando su resiliencia ante fenómenos naturales y antropogénicos, así como, impulsar y promover un instituto municipal de planeación (cuando se tenga más de cien mil habitantes).

Este enfoque de la planeación a nivel municipal a través de los Planes y Programas Municipales de Desarrollo Urbano; se establece como esencial para el desarrollo urbano ordenado y sostenible en el capítulo séptimo. Estos planes deben contemplar la zonificación, el uso del suelo, la infraestructura y la provisión de servicios públicos, así como el equilibrio y la conservación de los recursos naturales, en particular garantizando la protección de cuencas, cuerpos de agua y áreas forestales. Subraya así mismo, la necesidad de ser revisados y actualizados periódicamente para adaptarse a los cambios en las dinámicas poblacionales, tecnológicas, y ambientales del municipio.

En cuanto a la resiliencia, el capítulo único del título sexto; menciona la importancia de buscar que las ciudades sean capaces de resistir, adaptarse y recuperarse ante desastres naturales y otros riesgos, minimizando los daños y asegurando la continuidad de los servicios esenciales. Promueve la creación de infraestructuras, edificaciones y sistemas urbanos que sean resistentes a eventos como sismos, inundaciones, huracanes, y otros fenómenos naturales.

El capítulo único del título décimo; aborda “la aplicación de tecnologías que preserven y restauren el equilibrio ecológico, protejan el ambiente, impulsen acciones de adaptación y mitigación al cambio climático, reduzcan los costos y mejoren la calidad de la urbanización” (Congreso de la unión, 2016, pág. 47)

2.1.3 Guía metodológica. Elaboración y actualización de programas municipales de desarrollo urbano (PMDU) (SEDATU) (2017)

Esta guía se presentó como una nueva metodología surgida de talleres en los que participaron diversos institutos municipales y metropolitanos de planeación, así como funcionarios públicos, representantes de la sociedad civil y del sector privado, académicos y expertos

internacionales que desde su experiencia aportaron retroalimentación.

La guía basa su diseño en una estructura de orden jerárquico y un formato de fichas, así mismo se divide en dos apartados. El primero, denominado proceso de planeación (PP), presenta los pasos a seguir en lo que considera es la base para la puesta en marcha, gestión, ejecución, valuación y modificación del PMDU; es un proceso de carácter cíclico y de retroalimentación en la toma de decisiones para la definición del ordenamiento urbano, se compone de etapas (actos previos, formulación, socialización primera fase, aprobación del avance, definición del PMDU, socialización segunda fase, aprobación definitiva, publicación e inscripción del PMDU, gestión y ejecución, monitoreo, seguimiento y evaluación y corrección, actualización y modificación del PMDU), cronograma, proceso de participación, aprovechamiento urbano, instrumentos y financiación, viabilidad económica y programación, monitoreo y modificación y fichas.

El segundo apartado es el técnico, que se conforma de cinco paquetes de trabajo; tres de análisis y dos de resultados, que a su vez están divididos en temas y subtemas de los que se desarrollan indicadores, mapas y tablas, fuentes de información y series de tiempo. El producto del análisis de cada subtema es la identificación de problemas, oportunidades y tendencias de cada municipio; con el que se define con mayor coherencia los temas a atender por el PMDU.

El primer paquete de trabajo corresponde a la información del ámbito natural; entre ella la información hidrológica. Consiste en un diagnóstico general para la comprensión de lo existente para evaluar la potencialidad del territorio, así como la estimación de riesgos. En este sentido, se requiere conocer la dinámica de la cuenca hidrológica a la que pertenece el municipio, identificando corrientes de aguas subterráneas, superficiales perennes e intermitentes y costeras. Además, debe realizarse el balance hídrico de la cuenca para identificar los volúmenes disponibles de agua y limitar la extracción a la capacidad de renovación del agua. También es importante realizar acciones de conservación afines a las condiciones y características del ecosistema local y a la forma en que estas inciden en el ciclo hidrológico y el manejo de agua. Los mapas por realizar son: de ubicación y análisis de la

situación actual de la región hidrológico-administrativa del municipio, la delimitación de la cuenca y subcuenca y la delimitación de los diferentes cuerpos de agua. Cabe resaltar que este paquete no presenta indicadores.

Dentro de las aportaciones que hace esta guía destaca el cambio estructural, pues menciona que la planeación vigente se encuentra desbordada por la diferencia entre la realidad y la información disponible, que es incapaz de responder eficientemente a los rápidos cambios económicos, políticos, sociales y territoriales, lo que provoca que los PMDU dejen de ser una herramienta para la toma de decisiones y se conviertan en un mero trámite administrativo, perdiendo todo su sentido. Propone también diferentes escalas de trabajo para mejorar la apropiación de la información, el contexto natural lo propone en escala 1:250 mil, la aglomeración de municipios en escala 1:100 mil y el área urbana escala 1:50 mil o 1:20 mil.

Otras aportaciones importantes son; el uso de la tecnología y datos digitales mediante los sistemas de información geográfica (SIG) para la recopilación, gestión, análisis y visualización espacial de grandes cantidades de datos geográficamente referenciados en un formato digital que favorece a la estandarización de los procesos y el uso de un lenguaje común. Por otro lado, también sobresale el uso de un sistema de indicadores que, clasificados por temas, juegan un papel fundamental en el análisis y comprensión del territorio y suelo urbano; además de ayudar también a la articulación y vinculación de los instrumentos de planeación.

2.1.4 Reglamento del Libro Quinto del Código Administrativo del Estado de México denominado “Del Ordenamiento Territorial de los Asentamientos Humanos y del Desarrollo Urbano de los Centros de Población (GEM) (2020)

Este reglamento se alinea a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la Agenda 2030 de la Organización de las Naciones Unidas en cuanto a la necesidad de impulsar un desarrollo equilibrado y con pleno respeto a los derechos humanos coadyuvando a la consolidación de un nuevo modelo urbano colaborativo y flexible que permita la evolución de las ciudades a través del tiempo.

En su capítulo tercero “De los planes de desarrollo urbano de competencia municipal” define los tipos de planes; siendo estos municipales y parciales de desarrollo urbano, de zonas urbanas consolidadas y de incorporación territorial, los cuales deben tener como base un planteamiento de desarrollo urbano sostenible, estratégico y multisectorial, indica que los usos y destinos del suelo deben ser congruentes con criterios ambientales y en lo relativo a las acciones de conservación, consolidación, mejoramiento y crecimiento de los centros de población.

En su contenido deben considerar como mínimo lo siguiente, además de los lineamientos que emita la secretaría: introducción, propósitos y alcances del plan (finalidad, evaluación del plan vigente y límites territoriales según la división político-administrativa del Estado de México), marco jurídico (federal, estatal y metropolitano), diagnóstico (aspectos físicos, aspectos sociales, aspectos económicos, aspectos territoriales, aspectos urbanos e imagen urbana, aspectos sectoriales), síntesis del diagnóstico (análisis FODA), pronóstico (escenario tendencial, escenario programático e imagen objetivo), objetivos (de ordenamiento territorial, de ordenamiento urbano e imagen urbana y de ordenamiento sectorial), políticas (de ordenamiento territorial y desarrollo orientado al transporte, de ordenamiento urbano e imagen urbana y de ordenamiento sectorial), estrategias (de ordenamiento territorial, de ordenamiento urbano, de ordenamiento sectorial), instrumentos (de inducción y fomento, de regulación, de organización y coordinación, financieros, de operación, seguimiento y evaluación, de normatividad y aprovechamiento del suelo y demás necesarios), tablas de uso de suelo, anexo gráfico y cartográfico y epílogo.

La descripción del contenido es amplia al incorporar otros temas asociados al desarrollo urbano, pero vaga, ya que solo indica sus apartados generales sin ahondar en el tipo de contenido como sucede con las anteriores metodologías mencionadas.

2.1.5 Lineamientos para la elaboración de Programas Municipales de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano (PMOTDU) (SEDATU) (2022)

Estos lineamientos dirigidos a municipios de menos de 100 mil habitantes tienen el objeto de

simplificar e incluir la participación social en los instrumentos de planeación de los municipios. Se establece como el instrumento rector del desarrollo y base de los instrumentos y acciones de ordenamiento territorial basándose en los objetivos del desarrollo sostenible (ODS) y la Nueva Agenda Urbana de la Organización de las Naciones Unidas.

El trabajo colaborativo fortalece la capacidad de acción conjunta de pobladores, autoridades locales e instituciones por lo que es importante considerarlo como un eje prioritario en la realización del PMOTDU.

Su estructura contiene: el diagnóstico ciudadano, el diagnóstico territorial (subsistema físico-natural, subsistema socio demográfico, subsistema económico, subsistema patrimonio cultural y biocultural, subsistema urbano-rural, subsistema de movilidad, subsistema institucional y de gobernanza, análisis de aptitud territorial y síntesis del diagnóstico), pronóstico y escenarios futuros, modelo de ordenamiento territorial y urbano, instrumentos, acciones y corresponsabilidad, seguimiento y evaluación y anexos.

En el caso del subsistema físico-natural debe llevarse a cabo de tal modo que, se puedan reconocer las limitaciones y potencialidades a las distintas actividades y usos que se determinan por las características del medio, es decir, que el análisis deberá tener un alcance mayor al meramente descriptivo. El diagnóstico de las condiciones ambientales se enfoca en comprender y evaluar las características bióticas y abióticas, relacionadas con la distribución y disponibilidad de los recursos naturales, los ecosistemas y su biodiversidad, así como la heterogeneidad en las características del territorio condicionan el uso y aprovechamiento humano.

Contiene el apartado de “Disponibilidad de agua en cuencas y acuíferos”, en el que se debe presentar un diagnóstico sobre el estrés hídrico, la situación de explotación actual que guardan los acuíferos, cuencas y la disponibilidad de agua, considerando su cantidad y calidad, también reconocer las zonas de abatimiento del acuífero. Se recomienda desarrollar el registro de acuíferos y cuencas de la demarcación, señalando porcentajes, así como disponibilidad y gráficas en serie de tiempo señalando la evolución del requerimiento en el

municipio y su proyección a 5, 10 y 20 años con base en la tendencia de desarrollo.

2.1.6 Norma Oficial Mexicana NOM-003-SEDATU-2023 Fortalecimiento del Sistema Territorial ante Amenazas de origen natural y de cambio climático (FTS) (SEDATU) (2023)

Es un instrumento regulatorio innovador que reconoce el dinamismo, la diversidad y la complejidad que caracteriza al territorio mexicano y que exigen una reflexión sobre la forma en la que éste se entiende, planea, interviene y transforma. Propone la transición hacia una gestión integral del territorio abordándolo como un sistema complejo y dinámico en el que interactúan subsistemas naturales y antropogénicos, que lo transforman en el espacio y en el tiempo. Se asume que es a través de los instrumentos de planeación del territorio como puede abordarse de manera integral, fortaleciendo su capacidad de respuesta ante las amenazas de origen natural y del cambio climático, además, de promover un desarrollo equilibrado y sustentable.

Es de observancia obligatoria en el territorio nacional en el proceso de elaboración y actualización de los planes y programas de ordenamiento territorial y desarrollo urbano a los que se refieren las fracciones II, III, IV y V del artículo 23 de la Ley General de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano.

Se integra por ocho capítulos que describen el objetivo y el campo de aplicación, las referencias normativas, las definiciones y abreviaturas, los lineamientos para el fortalecimiento del sistema territorial, el Procedimiento de Evaluación de la Conformidad (PEC), la vigilancia, la concordancia con normas internacionales y la bibliografía consultada que sustenta a la Norma.

De forma general se basa en diez principios transversales que se adaptan a las realidades ambientales, sociales, culturales, políticas y económicas, y establece una serie de lineamientos para el fortalecimiento del sistema territorial enmarcados en los subsistemas naturales y antropogénicos y sus interacciones mutuas, los cuales deben ser incorporados en los procesos de elaboración y actualización de los planes y programas de ordenamiento

territorial y desarrollo urbano.

Estos diez principios transversales son:

1. Aprendizaje innovador. Promueve ordenar el territorio con un enfoque integral y preventivo ante amenazas, a través de la retroalimentación de conocimiento teórico y práctico con la población.
2. Autonomía/dependencia. Reconoce la capacidad de respuesta propia del sistema territorial, ante fenómenos perturbadores, que tiende a mantenerlo en equilibrio.
3. Conectividad. A mayor interacción y comunicación entre los distintos territorios, se fortalece la capacidad del sistema territorial a reaccionar ante una amenaza.
4. Diversidad. A mayor complejidad de un sistema territorial y sus subsistemas, habrá más variedad de respuesta ante fenómenos perturbadores.
5. Espacialidad. Reconoce la interacción compleja y constante entre los seres humanos en un escenario territorial natural y construido, donde se desarrollan los sucesos sociales.
6. Gobernanza. Propone que el fortalecimiento del sistema territorial radica en la coordinación y cooperación, entre los sectores público, social y privado.
7. Integralidad. Concibe al territorio como un sistema complejo donde interactúan, de manera dinámica, diversos subsistemas en un tiempo y espacio determinados.
8. Multi escalaridad y multidimensionalidad. Reconoce que el sistema territorial es resultado de la interacción entre las diferentes escalas territoriales y temporales, así como los subsistemas que lo componen.
9. Sostenibilidad financiera. Reconoce y gestiona las capacidades del sistema territorial, bajo un horizonte económico y prospectivo, que promueve la adopción de prácticas sustentables que trasciendan en el tiempo.
10. Participación dialógica. Para llegar a modelos de organización social que fortalezcan el sistema territorial, se deben tener diálogos y consensos entre sus actores.

Los lineamientos se organizan por escala regional, estatal, metropolitana y municipal, así como aquellos que aplican a nivel general; a su vez, cada escala de planeación se integra por cinco subsistemas territoriales: ambiental, social, cultural, económico y gobernanza

(Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano (SEDATU), 2023).

En los procesos de elaboración o actualización de los planes y programas de ordenamiento territorial y desarrollo urbano, el sujeto obligado debe integrar los lineamientos generales, así como aquellos que determine la SEDATU, de manera no limitativa, a la escala que corresponda.

En cuanto a los lineamientos generales en el subsistema ambiental se destaca lo siguiente:

- Debe ser un factor limitante y de oportunidades potenciales para promover el desarrollo de asentamientos humanos, actividades productivas y proyectos de desarrollo, lo siguiente: La disponibilidad de agua para uso humano, tanto superficial como subterránea y tratamiento y reúso del agua, La prevención y gestión integral de residuos sólidos, desde su generación, tratamiento, aprovechamiento y la disponibilidad del suelo para su disposición final, desde un modelo de economía circular, Las zonas identificadas con potenciales amenazas ante fenómenos naturales y al cambio climático (CC) y aquellas consideradas como sumideros de carbono para absorber Gases y Componentes de Efecto Invernadero (GyCEI).
- Considerar el enfoque de cuenca hidrológica, atmosférica y acuífero de manera transversal.
- Armonizar las políticas, estrategias y acciones que se establezcan en los planes y programas, con el Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio, el Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales, así como con el Programa Nacional Hídrico, y con las contenidas en los Planes Programas Estatales de Ordenamiento Ecológico del Territorio, Programas Locales de Ordenamiento Ecológico del Territorio, los Programas de Ordenamiento Turístico del Territorio y Zonas de Desarrollo Turístico Sustentables, y los Atlas de Riesgos y Peligros, incluyendo procesos participativos.
- Evitar establecer estrategias, proyectos y acciones que impliquen la obstrucción o desvío de cauces de agua superficial y subterránea, salvo en casos de utilidad pública y/o cuando su objeto sea prevenir, controlar y minimizar los riesgos y sus impactos

en asentamientos humanos.

- Considerar los instrumentos de gestión de riesgo de desastres, protección civil y CC que correspondan para establecer estrategias, proyectos y acciones de restricción, regulación, manejo y/o control de asentamientos humanos en zonas de riesgos; así como las acciones de adaptación y mitigación que señalan.

En el subsistema gobernanza se destaca lo siguiente:

- Integrar indicadores de seguimiento y evaluación en los planes y programas de ordenamiento territorial y desarrollo urbano en el corto, mediano y largo plazo, para conocer los impactos de éste en el bienestar y la calidad de vida de las personas y el desarrollo sustentable del territorio, así como para su medición y adecuada y oportuna rendición de cuentas.

La escala regional se dirige a los lineamientos que deben integrarse en los Programas de Ordenamiento Territorial Regionales (POTR) dentro de su proceso de elaboración o actualización. Este es el instrumento rector de entidades federativas, zonas metropolitanas y conurbadas, así como de municipios o demarcaciones territoriales que componen una región.

En su subsistema ambiental se destaca lo siguiente:

- Diseñar estrategias de coordinación intergubernamental para la regulación del aprovechamiento sustentable del agua.

En su subsistema gobernanza se destaca lo siguiente:

- Diseñar estrategias de coordinación interestatales e intermunicipales que faciliten la elaboración e implementación de instrumentos de planeación regional y metropolitana, con enfoque de cuenca y acuífero.

En la escala municipal se describen los lineamientos que deben integrarse en los Planes y Programas Municipales de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano (PMOTDU) dentro de su proceso de elaboración o actualización

En su subsistema ambiental se destaca lo siguiente:

- Diseñar estrategias y proyectos para la implementación de infraestructura verde que permita la recarga de acuíferos y disminuya la probabilidad de riesgo por inundaciones.
- Identificar y delimitar las zonas de recarga de acuíferos con la finalidad de diseñar estrategias para su protección, conservación y restauración.

2.1.7 Norma Oficial Mexicana NOM-005-SEDATU-2024 Contenidos generales para planes o programas municipales de ordenamiento territorial y/o desarrollo urbano (SEDATU) (2024)

Esta norma forma parte de una serie de acciones de la SEDATU para fortalecer la planeación territorial y urbana y tiene como objetivo dar coherencia y determinar contenidos para los Planes o Programas Municipales de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano (PMOTDU) a partir de un enfoque analítico e integral del territorio, y en cumplimiento de lo establecido en el artículo 9 de la LGAHOTDU. Su fundamento parte de dos principios; i) la observación de que existe una separación de la política territorial y ambiental que impone contradicciones en la regulación del territorio al no poder analizarse de forma independiente, y ii) el reconocimiento de la diversidad de condiciones territoriales y socioeconómicas de los municipios; particularidades para las que las estrategias de ordenamiento territorial se deben ajustar. Si bien es de observancia obligatoria y aplicable en todo el territorio nacional, respeta la soberanía de los municipios y permite que cada gobierno local decida cómo implementarla según sus necesidades y capacidades.

Se conforma por once apartados; la introducción, el objetivo y campo de acción, los objetivos legítimos de interés público, las referencias normativas, los términos y definiciones, la caracterización y clasificación de los municipios, los contenidos generales para los Planes o Programas Municipales de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano, el Procedimiento de Evaluación de la Conformidad, la vigilancia, la concordancia con normas internacionales, la bibliografía y el anexo normativo.

La caracterización y clasificación de los municipios se hace con base en dos determinantes; la capacidad y la necesidad; concretadas en 25 variables (17 de necesidad y 8 de capacidad). Estas variables permiten identificar los municipios que cuentan con mayores o mejores capacidades y/o con mayor necesidad para el desarrollo de un PMOTDU (nivel de requerimiento, dado en escala baja, media o alta).

En el Anexo Normativo se presentan los niveles de requerimiento de las diferentes entidades federativas. A partir de este nivel se identifican los contenidos (apartados y subapartados) que apliquen y que deben desarrollarse (Tabla 2).

Entidad federativa Estado de México	Clasificación		Nivel de requerimiento
	Necesidad	Capacidad	
Atlacomulco	Media	Alta	Alto
Toluca	Baja	Alta	Medio

Tabla 2 Necesidad, capacidad y nivel de requerimiento de municipios del Estado de México
Fuente: Elaboración propia S.C.R.M (2024) con base en (Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano (SEDATU), 2024)

2.2 Planeación hídrica

El modelo de gestión hídrica determina la manera en la que el recurso se aprovecha, esta se ve expresada en instrumentos normativos de carácter nacional y estatal, cabe resaltar que a nivel municipal no existen instrumentos. En México la principal normativa en el tema hídrico es la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (CPEUM) la cual establece en su Artículo 27 que las aguas dentro del territorio nacional son propiedad de la nación y que su uso, explotación y aprovechamiento estarán regulados por leyes específicas.

Se presenta un análisis del contenido de los principales instrumentos normativos; planes, programas y un atlas que si bien no son específicamente del tema hídrico si lo abordan en su estructura. El objetivo es comprender el paradigma hídrico en las ciudades mexicanas, especialmente en relación con el desarrollo y planeación urbanos.

2.2.1 Ley de Aguas Nacionales (LAN) (1992)

La Ley de Aguas Nacionales (LAN); principal legislación en materia de recursos hídricos en México; emana del artículo 27 de la CPEUM y establece las bases para la administración, conservación, uso, explotación, aprovechamiento y distribución de las aguas nacionales tanto superficiales como subterráneas con el objetivo de garantizar su disponibilidad y calidad para las presentes y futuras generaciones. Fue publicada en el año de 1992 y su última actualización se realizó en el año 2023. Su objetivo es buscar un equilibrio entre el uso del agua para actividades humanas y la conservación del medio ambiente. La Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) es la entidad principal encargada de implementar y supervisar el cumplimiento de esta ley.

El contenido principal de la LAN se organiza en diez títulos: disposiciones preliminares, administración del agua, régimen de las aguas nacionales, política y programación hídricas, derechos de explotación, uso y aprovechamiento de aguas nacionales, uso y aprovechamiento del agua, calidad del agua (prevención y control de la contaminación), inversión y sistema financiero del agua, y medidas de seguridad y emergencia.

El capítulo uno del título segundo establece las bases y principios para la gestión y administración de los recursos hídricos del país; de las que destacan como principios de gestión una visión integral y sustentable del agua, considerando su carácter estratégico y la necesidad de asegurar su disponibilidad para las generaciones presentes y futuras. Señala la importancia de los planes de gestión del agua, que deben ser elaborados con criterios técnicos y científicos, y actualizarse periódicamente, y promueve la participación de los ciudadanos y las comunidades en la planificación y toma de decisiones relacionadas con la gestión del agua.

El capítulo cinco del título segundo puntualiza en esta participación ciudadana garantizando que sus opiniones y necesidades sean consideradas en la toma de decisiones. Para este fin se establecen mecanismos para la organización de los usuarios del agua, permitiendo la formación de asociaciones, comités y otros grupos que puedan coordinar esfuerzos en la

gestión del recurso además de fomentar programas de educación y capacitación que ayuden a mejorar la comprensión y el manejo eficiente y sostenible del agua.

El título tercero se aboca a los principios y lineamientos para la gestión y planeación del uso del agua considerándola un bien de dominio público, vital, vulnerable y finito, con valor social, económico y ambiental.

Se fomenta y apoya el desarrollo de sistemas de agua potable y alcantarillado, así como de sistemas de saneamiento, tratamiento, reúso de aguas, riego y drenaje que sean parte de planes y programas hídricos (coordinados entre diferentes niveles de gobierno y sectores de la sociedad, asegurando que una participación informada y responsable de los mismos es la base para mejorar la gestión de los recursos hídricos) que aseguren la disponibilidad del recurso para las futuras generaciones y promuevan prácticas de conservación y uso racional, protección de ecosistemas acuáticos y mantenimiento de un equilibrio entre la oferta y demanda del agua. Destaca la mención de que la gestión del agua debe generar los recursos económicos necesarios para realizar sus tareas inherentes bajo el principio de que “el agua paga el agua” además de que los usuarios del agua deben pagar por su explotación, uso o aprovechamiento bajo el principio de “usuario-pagador”. En cuanto a quienes (personas físicas o morales) hagan un uso eficiente y limpio del agua, menciona, serán acreedores a incentivos económicos, incluyendo los de carácter fiscal (establecidos en las leyes en la materia).

En el título sexto expresa los usos del agua; destacando el uso público urbano y el control de avenidas y protección contra inundaciones. En cuanto al uso público urbano son las autoridades locales las responsables de la provisión y distribución del agua asegurando que los centros de población tengan un acceso eficiente y seguro.

Sobre la protección contra inundaciones define a la CONAGUA, a través de los organismos de cuenca y en colaboración con otras entidades gubernamentales y organizaciones locales, como la responsable de coordinar y ejecutar las acciones necesarias para la construcción y/o operación de obras para el control de avenidas y protección de zonas inundables, así como obras que protejan los centros de población; la vida de las personas y de sus bienes;

asegurando que estas obras sean adecuadas y mantengan su funcionalidad a lo largo del tiempo. Se subraya la importancia del mantenimiento y la vigilancia constante de las infraestructuras hidráulicas para prevenir fallas y mitigar riesgos de inundaciones, así como la necesidad de actualizar y mejorar estas obras conforme a nuevas tecnologías y estudios técnicos.

En el mismo título sexto se aborda también la cultura del agua; enfatizando la necesidad de informar a la población sobre la escasez del agua, los costos asociados a su provisión y su valor económico, social y ambiental; siendo que la educación y concientización son fundamentales para fomentar prácticas de conservación y uso eficiente del agua. En cuanto a los costos asociados se promueve la cultura del pago destacando la importancia de que la población usuaria comprenda los costos y contribuya equitativamente al mantenimiento y mejora de las infraestructuras hídricas.

2.2.2 Atlas Nacional de Vulnerabilidad al Cambio Climático (ANVCC) (2019)

El primer Atlas Nacional de Vulnerabilidad al Cambio Climático (ANVCC) en México se publicó en 2013 y fue desarrollado por el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC). La última actualización es del 2019 en colaboración con otras instituciones gubernamentales, académicas y de investigación en México.

El ANVCC es una herramienta que analiza problemáticas específicas relacionadas con el clima y muestra la vulnerabilidad del territorio considerándolas. Esto permite identificar zonas en las que desarrollar estrategias de diseño, focalización e implementación de procesos de adaptación y su correspondiente monitoreo y evaluación mediante política pública de adaptación al cambio climático. Esta herramienta permite a los planificadores urbanos y responsables de políticas públicas desarrollar estrategias de mitigación y adaptación más efectivas.

Las áreas vulnerables a diversas amenazas climáticas se presentan en un conjunto estructurado, sistemático y detallado de mapas. El ANVCC se actualiza de manera continua

para incorporar los últimos datos y análisis disponibles. No tiene una fecha de publicación fija, pero se realizan actualizaciones periódicas para asegurar que la información refleje los cambios y tendencias recientes en el clima y sus impactos.

Se estructura en 11 apartados: antecedentes, introducción, construcción del ANVCC (metodología), integración del ANVCC, vulnerabilidad de los asentamientos humanos por inundaciones, vulnerabilidad de los asentamientos humanos por deslaves, vulnerabilidad de la población al incremento en la distribución potencial del dengue, vulnerabilidad de la producción forrajera ante estrés hídrico, vulnerabilidad de la producción ganadera ante estrés hídrico, vulnerabilidad de la producción ganadera por inundaciones y cambio y distribución potencial actual de especies prioritarias y en la NOM-059.

El apartado de vulnerabilidad de los asentamientos humanos por inundaciones analiza los riesgos y la susceptibilidad de las áreas urbanas a ser afectadas por eventos de inundación; lo cual es crucial para la planificación urbana y la gestión de riesgos (Figura 19). Su análisis toma en cuenta diversos factores que aumentan la vulnerabilidad, como la topografía, la proximidad a cuerpos de agua, la densidad poblacional, la infraestructura deficiente, la falta de drenaje adecuado y la ocupación de zonas de riesgo. También se consideran los efectos del cambio climático, como el aumento en la frecuencia y severidad de las lluvias intensas. A partir de esto se evalúan las consecuencias potenciales de las inundaciones en la población, incluyendo daños a viviendas, infraestructura crítica (como hospitales y escuelas) y pérdidas económicas. Además, se examinan los efectos sobre la salud pública, como la propagación de enfermedades y el desplazamiento de personas.

Como resultado del análisis se proponen estrategias para reducir la vulnerabilidad, tales como la reubicación de asentamientos en zonas de alto riesgo, la mejora de la infraestructura de drenaje, la creación de sistemas de alerta temprana y la promoción de prácticas de construcción resilientes.

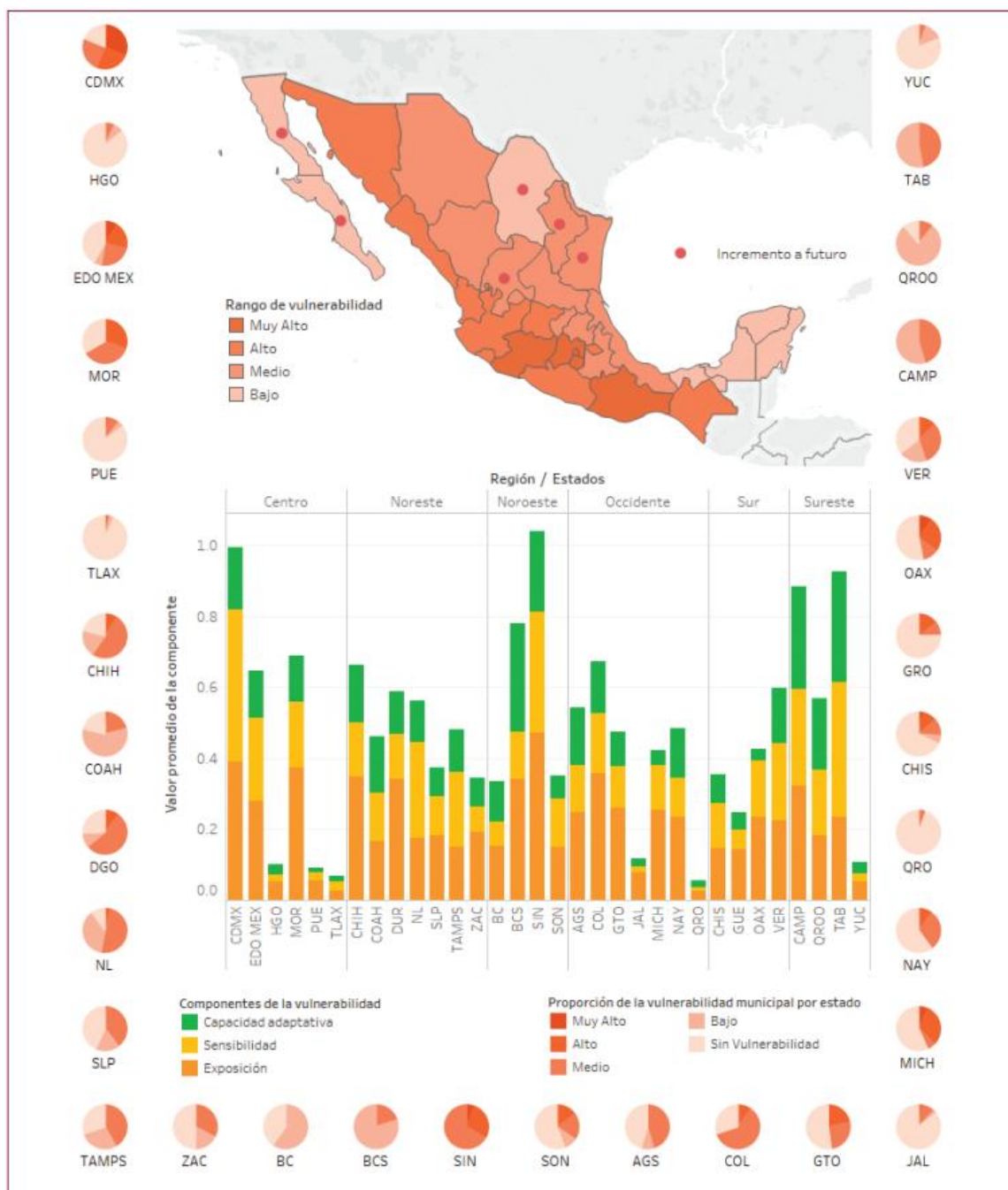


Figura 19 Vulnerabilidad de los asentamientos humanos por inundaciones

Fuente: Elaborado por el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, 2019).

El ANVCC se basa en la capacidad adaptativa, la sensibilidad y la exposición como los componentes de la vulnerabilidad. La capacidad adaptativa “se refiere a los recursos humanos e institucionales que permiten detonar procesos de adaptación a una problemática específica” (Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, 2019, pág. 27). La sensibilidad “es el

grado en que un sistema es afectado por la variabilidad y el cambio climáticos debido a las características que lo definen” (Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, 2019, pág. 27) y la exposición “es el carácter, magnitud y velocidad de cambio y variación del clima que afecta a un sistema” (Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, 2019, pág. 27). A su vez se proponen criterios y variables en estos componentes (Tabla 3):

Componente	Criterio	Variable	Valor de función
Exposición	Frecuencia potencial de inundaciones	Precipitación acumulada anual	A mayor precipitación acumulada anual, mayor exposición ante inundaciones
		Umbral municipal de inundación	A menor umbral, mayor será la exposición a inundación
	Índice de estacionalidad de la precipitación	Precipitación mensual	A mayor precipitación mensual, mayor exposición
Sensibilidad	Respuesta hidrológica de la cuenca	Índice de compacidad de la cuenca en los municipios (siguiendo el método de Gravelius)	Mientras más cercano a uno sea el índice de compacidad de la cuenca, se tendrá mayor susceptibilidad a inundaciones
		Porcentaje de vegetación natural de las cuencas en los municipios	Una mayor cobertura de vegetación natural ayuda a regular la cantidad y periodicidad de los cauces y controla las inundaciones, disminuyendo la susceptibilidad de la población que se encuentra asentada en la cuenca
	Población susceptible a inundaciones	Población del municipio (total y porcentual) en zonas susceptibles a inundación	A mayor población asentada en zonas inundables, mayor susceptibilidad a sufrir daños por este fenómeno
	Porcentaje del municipio con zonas de inundación	Porcentaje del área del municipio susceptible a inundación	A mayor área del municipio en zonas inundables, mayor susceptibilidad ante inundaciones
Capacidad adaptativa	Instrumentos para la gestión del	Atlas de Riesgo Municipal y mapa de	0 - Indica que no tiene atlas de riesgo municipal 1 - Indica que se cuenta con

riesgo	riesgo por inundación	atlas de riesgo municipal pero no tiene mapa de inundación 2 - Indica que se cuenta con atlas de riesgo municipal y tiene mapa de inundación
	Tratamiento y/o reducción de desastres o emergencias	1 - Indica que se cuenta con acciones de prevención en el tratamiento y/o reducción de desastres o emergencia 0 - Indica que no se cuenta con acciones de prevención en el tratamiento y/o reducción de desastres o emergencia
	Plan Municipal de Contingencia	1 - Se cuenta con plan de contingencias 0 - No se cuenta con plan de contingencias
Sistemas de regulación de las avenidas	Presencia de presas reguladoras	1 - Indica la presencia de presas reguladoras de avenidas 0 - Indica que no se tiene la presencia de presas reguladoras de avenidas
Protección y restauración de ecosistemas para prevenir inundaciones	Superficie del municipio con Pago por Servicios Ambientales (Relativa)	A mayor porcentaje de superficie elegible para el esquema de PSA, mayor capacidad adaptativa ante inundaciones
	Superficie del municipio con vegetación natural en Áreas Naturales Protegidas (Relativa)	A mayor porcentaje de superficie del municipio con vegetación natural en ANP, mayor capacidad adaptativa ante inundaciones
Protección civil	Unidades municipales de protección civil	1 - Indica la existencia de unidades de protección civil en el municipio 0 - Indica la no existencia de unidades de protección civil en el municipio
	Número de refugios temporales	A mayor número de refugios temporales en el municipio, mayor capacidad adaptativa ante inundaciones
	Gestión de declaratoria de desastre	1 - Indica que el municipio cuenta con declaratorias de desastre y por tanto tiene capacidad de gestión ante

	inundaciones
	0 - Indica que no cuenta con declaratorias de desastre y por tanto no tiene capacidad de gestión ante inundaciones

Tabla 3 Necesidad, capacidad y nivel de requerimiento de municipios del Estado de México
Fuente: Elaboración propia S.C.R.M (2024) con base en (Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, 2019).

2.2.3 Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2019-2024

En México, los Planes Nacionales de Desarrollo (PND) se han elaborado desde 1930. Estos planes surgieron como herramientas de planificación del gobierno para establecer las directrices de desarrollo económico, social y político del país a mediano y largo plazo. El primer Plan Nacional de Desarrollo fue el Plan Sexenal 1934-1940 durante la presidencia de Lázaro Cárdenas. Desde entonces, cada administración federal en México elabora su propio PND al inicio del sexenio, alineado con sus políticas y objetivos estratégicos.

El PND 2019-2024 se estructura en tres principales ejes: i)Política y gobierno: prioriza la seguridad, la erradicación de la corrupción, el fortalecimiento del estado de derecho y la impartición de justicia, ii)Política social: promueve políticas enfocadas en combatir la pobreza, la desigualdad, y la exclusión social, a través de programas sociales que buscan mejorar las condiciones de vida de los sectores más vulnerables, iii)Economía: plantea una economía basada en el desarrollo sostenible, impulsando la autosuficiencia alimentaria, el fortalecimiento del mercado interno, y el respeto al medio ambiente.

El eje de Política Social presenta el programa VIII. Desarrollo urbano y vivienda; en el que se establece la búsqueda de una mayor calidad de vida en las ciudades mexicanas a través de políticas de inclusión, sostenibilidad y acceso equitativo a la infraestructura urbana. Se promueve un uso eficiente del suelo y de los recursos naturales, con especial atención a la preservación del medio ambiente y la lucha contra el cambio climático. Se impulsan proyectos de infraestructura que respeten el entorno natural y busquen la autosuficiencia energética. Se priorizan proyectos que fortalezcan el desarrollo en regiones más marginadas, reduciendo la sobrepoblación de las grandes ciudades y fomentando el crecimiento de

ciudades intermedias.

En cuanto al recurso hídrico el plan busca una gestión integral del agua que incluya su conservación, protección y uso eficiente, con un enfoque en la sostenibilidad que abarque tanto el suministro como la calidad del agua, una infraestructura hídrica adecuada para mejorar el almacenamiento, distribución y tratamiento del agua, y una adaptación al cambio climático promoviendo estrategias de resiliencia; reconociendo los impactos que este fenómeno tiene sobre los recursos hídricos.

Se mencionan varios proyectos y estrategias específicos relacionados con el agua; siendo el más importante el Plan Hídrico Nacional. También se incluyen proyectos para la construcción y rehabilitación de presas, canales y sistemas de distribución de agua, especialmente en áreas con problemas de escasez, la restauración y conservación de cuencas hidrográficas para asegurar la disponibilidad y calidad del agua, y la propuesta sobre el uso de tecnologías inteligentes para la gestión del agua, como sistemas de monitoreo y control.

2.2.4 Programa Nacional Hídrico (PNH) 2020-2024

El Programa Nacional Hídrico (PNH) 2020-2024 de México es una iniciativa del gobierno mexicano; un programa especial derivado del Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024 y definido en el artículo tercero de la Ley de Aguas Nacionales. Se enfoca en gestionar y preservar los recursos hídricos del país para reducir las brechas de inequidad y garantizar la seguridad hídrica² desde un enfoque de derechos humanos que coloca en el centro a las personas y con una perspectiva territorial, multisectorial y transversal.

Se dirige al fortalecimiento de las cuatro funciones sustantivas de la CONAGUA que consisten en: i) administrar ordenada y transparentemente el agua, ii) brindar servicios de agua en bloque, iii) proteger a la población ante fenómenos hidrometeorológicos y iv) proveer infraestructura hidráulica.

² La seguridad hídrica según este PNH; significa satisfacer las necesidades humanas; así como las de los ecosistemas (Gobierno de México, 2020)

El programa se organiza en cinco objetivos prioritarios entre los que destacan: la reducción de vulnerabilidad de la población ante inundaciones y sequías, la preservación de la integralidad del ciclo del agua a fin de garantizar los servicios hidrológicos que brindan cuencas y acuíferos y la mejora de las condiciones para la gobernanza del agua a fin de fortalecer la toma de decisiones y combatir la corrupción.

Para el logro de cada uno de los objetivos prioritarios del PNH se definieron 20 estrategias prioritarias que incluyen intervenciones de política pública a través de 87 acciones puntuales.

En cuanto a la reducción de vulnerabilidad de la población ante inundaciones y sequías establece la necesaria gestión integral de riesgos y la modernización de la infraestructura mediante la aplicación de nuevas tecnologías. Se propone desarrollar proyectos para la construcción, operación y mantenimiento de la infraestructura en causas utilizando Soluciones Basadas en la Naturaleza (SBN) y la identificación de zonas que permitan regular escurrimientos y mitigar los impactos de inundaciones (Tabla 4).

Estrategia	Acción puntual
Fortalecer los sistemas de observación e información hidrológica y meteorológica a fin de mejorar la gestión integral de riesgos.	Impulsar la modernización de la infraestructura de medición y observación hidrológica, meteorológica y climatológica.
	Implementar nuevas metodologías y plataformas tecnológicas para mejorar los pronósticos meteorológicos e hidrológicos.
	Fomentar el intercambio de información relativa al agua con las diferentes dependencias de la administración pública y con la sociedad.
Fortalecer medidas de prevención de daños frente a fenómenos hidrometeorológicos y de adaptación al cambio climático, para reducir vulnerabilidad.	Delimitar cauces y cuerpos de agua de propiedad nacional y sus zonas federales
	Mejorar los sistemas de alerta temprana y las acciones de prevención y mitigación ante fenómenos hidrometeorológicos.
	Elaborar y actualizar los atlas de riesgos hidrometeorológicos, a nivel municipal y estatal para centros de población
	Fortalecer programas y acciones contra la sequía

La tabla continúa en la siguiente página

Estrategia	Acción puntual
	Minimizar el impacto de inundaciones mediante protocolos que aseguren la correcta operación de la infraestructura.
	Impulsar la adecuación de las reglas de operación de los fondos de desastre para agilizar su aplicación e incentivar la prevención.
Desarrollar infraestructura considerando soluciones basadas en la naturaleza para la protección de centros de población y zonas productivas	Desarrollar y adaptar proyectos para la construcción, operación y mantenimiento de infraestructura en cauces, en particular en zonas de alta vulnerabilidad.
	Identificar zonas naturales para regular escurrimientos y mitigar los impactos de inundaciones en centros de población.

Tabla 4 Estrategias y acciones puntuales del objetivo prioritario sobre la reducción de vulnerabilidad de la población ante inundaciones y sequías

Fuente: Elaboración propia S.C.R.M (2024) con base en (Gobierno de México, 2020)

Sobre la preservación de la integralidad del ciclo del agua a fin de garantizar los servicios hidrológicos que brindan cuencas y acuíferos; hace énfasis en incentivar la protección de las áreas de recarga subterránea y las acciones para la recarga inducida (Tabla 5).

Estrategia	Acción puntual
Conservar cuencas y acuíferos para mejorar la capacidad de provisión de servicios hidrológicos	Regular los sistemas de captación de agua de lluvia para evitar la afectación a terceros.
	Impulsar la protección de las zonas de recarga de acuíferos e incentivar la recarga inducida.

Tabla 5 . Estrategias y acciones puntuales del objetivo prioritario sobre la preservación de la integralidad del ciclo del agua a fin de garantizar los servicios hidrológicos que brindan cuencas y acuíferos

Fuente: Elaboración propia S.C.R.M (2024) con base en (Gobierno de México, 2020)

La mejora de las condiciones para la gobernanza del agua a fin de fortalecer la toma de decisiones y combatir la corrupción busca contrarrestar el incipiente nivel de participación de la sociedad en los procesos de toma de decisiones y combate a la corrupción en la gestión del agua (Tabla 6).

Estrategia	Acción puntual
Garantizar el acceso a la	Mejorar el funcionamiento del Sistema Nacional de

La tabla continúa en la siguiente página

Estrategia	Acción puntual
información para fortalecer el proceso de planeación y rendición de cuentas	Información del Agua en términos de interoperabilidad, calidad, oportunidad y que de manera prioritaria la información esté orientada a atender a la población más vulnerable. Garantizar el acceso a información clara y oportuna para la ciudadanía relacionada con la materia objeto del presente Programa.
Promover la participación ciudadana a fin de garantizar su inclusión en la gestión del agua	Promover la participación social en planeación, vigilancia y monitoreo de la política hídrica y la gestión de proyectos. Fomentar la participación de la sociedad en materia de agua, mediante estrategias de comunicación y educación.
Fortalecer el sistema financiero del agua para focalizar inversiones a zonas y grupos de atención prioritaria	Proponer la diversificación de fuentes de financiamiento y modernización de los sistemas tarifarios para garantizar los derechos humanos al agua y al saneamiento.
Fortalecer las capacidades institucionales para la transformación del sector	Fomentar una actitud de servicio a la ciudadanía en el sector agua. Elaborar y proponer reformas o un nuevo marco jurídico en materia de agua.

Tabla 6 Estrategias y acciones puntuales del objetivo prioritario sobre La mejora de las condiciones para la gobernanza del agua a fin de fortalecer la toma de decisiones y combatir la corrupción
Fuente: Elaboración propia S.C.R.M (2024) con base en (Gobierno de México, 2020)

2.2.5 Programa Nacional de Protección Civil (PNPC) 2022-2024

El Programa Nacional de Protección Civil (PNPC) 2022-2024 es un programa especial derivado del Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024 que cumple con el artículo 26 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. Tiene como propósito establecer objetivos, estrategias, metas y acciones de las actividades del Sistema Nacional de Protección Civil con una visión colaborativa entre los diferentes niveles de gobierno; con base en la participación de la sociedad.

Su enfoque parte de la gestión integrada de desastres que exige conocer y diferenciar el origen y naturaleza de estos, sus peligros y posibles efectos; para incorporar acciones para la prevención y mitigación de los riesgos mediante una comprensión y concientización que

fortalezca la resiliencia de la sociedad.

El PNPC tiene seis (6) objetivos prioritarios de los que se desglosan estrategias y acciones. Entre los objetivos se destaca la prevención y reducción de riesgos de desastres mediante su conocimiento y establecimiento de acciones que promuevan la resiliencia en la sociedad. Este objetivo se fundamenta en la conceptualización del desastre como el resultado de una construcción social de riesgos que no fueron evitados, intervenidos o corregidos; esta visión permitirá asumir compromisos gubernamentales, sociales, comunitarios y del sector privado, para que las contingencias sean prevenidas y reducidas. Por lo tanto, la vulnerabilidad es modificable desde su causa. Las estrategias y acciones puntuales y de interés de este objetivo prioritario se describen a continuación (Tabla 7).

Estrategia	Acción
Promover la investigación científica y tecnológica para la generación de conocimiento y herramientas sobre el riesgo y los desastres, las causas de fondo y su difusión en la población.	Generar estudios, análisis, escenarios y mapas de peligro y riesgo sobre el origen, comportamiento y consecuencias de los fenómenos naturales y antrópicos causantes de desastres
Promover la cultura de prevención y reducción de riesgos para el fortalecimiento de la gestión integral del riesgo	Asesorar en el tema científico y tecnológico la actuación de los tres órdenes de gobierno para la reducción de riesgos
Promover la cultura de prevención y reducción de riesgos para el fortalecimiento de la gestión integral del riesgo	Fomentar en la sociedad una cultura de la prevención de desastres mediante la difusión del conocimiento sobre fenómenos perturbadores, desarrollos tecnológicos y medidas de preparación, para la reducción de riesgos

Tabla 7 Estrategias y acciones puntuales del objetivo prioritario sobre la prevención y reducción de riesgos de desastres mediante su conocimiento y establecimiento de acciones que promuevan la resiliencia en la sociedad

Fuente: Elaboración propia S.C.R.M (2024) con base en (Coordinación Nacional de Protección Civil, 2022).

2.2.6 Plan de Desarrollo del Estado de México (PDEM) 2023-2029

El Plan de Desarrollo del Estado de México es una guía estratégica para el crecimiento y desarrollo integral del estado. Se fundamenta en el artículo 26 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. Su estructura se basa en siete ejes principales que abordan

diferentes aspectos del desarrollo social, económico y ambiental. Estos ejes son: i) cero corrupción y gobierno del pueblo y para el pueblo, ii) bienestar ambiental y acceso universal al agua, iii) empleo digno y desarrollo económico, iv) bienestar social, v) igualdad de género, vi) construcción de la paz y seguridad y vii) cumplimiento a los objetivos de Desarrollo Sostenible. El plan incluye 34 temas con 45 objetivos, 103 estrategias y 741 líneas de acción. Se promueven políticas y proyectos que reduzcan el impacto ambiental del crecimiento urbano, incentivando el uso de energías renovables y la implementación de tecnologías limpias. Además, se enfoca en la conservación de áreas naturales y la gestión hídrica eficiente. Estos elementos se enfocan en mejorar la calidad de vida de los mexiquenses mediante proyectos prioritarios y el uso eficiente de recursos.

El objetivo del bienestar ambiental y acceso universal al agua; propone un enfoque significativo en la gestión del agua, particularmente a través de un nuevo modelo de gestión hídrica con un enfoque ecosistémico de cuenca y de derechos humanos (Tabla 8). Este modelo está diseñado para asegurar el bienestar ambiental y garantizar el acceso universal al agua, abordando tanto la eficiencia en el uso de los recursos hídricos como la sostenibilidad a largo plazo; recuperando el equilibrio entre la disponibilidad y la demanda. Así mismo busca promover la participación comunitaria, asegurando que las decisiones y estrategias se alineen con las necesidades y realidades locales. Se enfoca en la sostenibilidad y eficiencia del uso de los recursos hídricos, promoviendo prácticas que minimicen el desperdicio y maximicen su reutilización. Se incluye la implementación de infraestructuras para el almacenamiento y distribución eficiente del agua, así como tecnologías avanzadas para la detección y reparación de fugas. También promueve campañas educativas para sensibilizar a la población sobre la importancia del uso responsable del agua.

Estrategia	Línea de acción
Aumentar la oferta de agua e impulsar alternativas para las localidades sin abastecimiento de agua Segura.	Estudiar, analizar e implementar la operación de nuevas fuentes de abasto de agua
	Construir, operar, dar mantenimiento y reingeniería de sistemas de abastecimiento de agua
	Detector y reparar las fugas en la infraestructura hidráulica, reemplazando líneas de agua potable con la introducción de líneas flexibles de larga duración

Estrategia	Línea de acción
	Instaurar sistemas de monitoreo cualitativo y cuantitativo del agua
Aprovechar el agua pluvial y fortalecer la resiliencia de las comunidades ante el cambio climático.	Diseñar un plan estatal para la recuperación de agua de lluvia que evite su mezcla con los drenajes sanitarios y la canalice a la inyección de mantos acuíferos para su recarga
	Planificar un buen manejo hídrico en cuencas altas
	Prevenir inundaciones en las localidades, con manejo de aguas de tormenta que mitigue el impacto meteorológico y permita aprovechar el vital líquido
Implementar planes de gestión integral del recurso hídrico para la recuperación de las cuencas.	Promover sistemas de aguas regeneradas para diferentes usos, reduciendo así mismo el impacto de precipitaciones extraordinarias, a través de la articulación de humedales
	Promover la recarga de mantos acuíferos y el uso sostenible de las aguas subterráneas
	Colaborar en la recuperación de los bosques como proveedores de agua, en zonas estratégicas para la recarga de acuíferos
Implementar programas de concientización y capacitación desde la perspectiva de un Nuevo Modelo de Gestión del Agua para su aprovechamiento racional y sustentable.	Crear y difundir materiales educativos interactivos y accesibles que aborden el Nuevo Modelo de Gestión del Agua, destacando prácticas de conservación, reúso y responsabilidad
	Organizar foros, seminarios y talleres presenciales y virtuales con la comunidad estatal, nacional e internacional, sobre la innovación científica y tecnológica para la gestión del agua
	Implementar la Plataforma del Agua, una base de datos de la gestión del agua con acceso para todos los ayuntamientos y público en general
	Generar mecanismos para la promoción e impulso de proyectos sociales sustentables asociados al manejo hídrico ambiental que incluya mujeres plomero, baños secos, ecotecnias ahorradoras, humedales en parques urbanos e iniciativas de gestión integral de cuencas y microcuencas

Tabla 8 Estrategias y acciones puntuales del objetivo bienestar ambiental y acceso universal al agua
Fuente: Elaboración propia S.C.R.M (2024) con base en (Gobierno del Estado de México, 2024)

2.2.7 Programa Hídrico Integral del Estado de México (PHIEM) 2023-2029³

³ Hasta la fecha de emisión de este documento no se ha publicado oficialmente el PHIEM; sin embargo, por interés de la tesis se integra información recabada en portales de noticias y en una conferencia magistral dictada por el secretario del Agua Dr. Pedro Moctezuma Barragán en la Universidad Intercultural del Estado de México

El Programa Hídrico Integral del Estado de México 2023-2029 es una estrategia clave para enfrentar los desafíos relacionados con la gestión del agua en el Estado de México. Surge de la necesidad de reestructurar la política hídrica estatal frente a la crisis global del agua. Se apoya en principios de sustentabilidad, participación ciudadana y equidad, alineándose con los derechos humanos al agua y al saneamiento.

Este programa busca superar un modelo exclusivamente extractivista y promover el uso sostenible del agua mediante la implementación de prácticas como el reúso, la recuperación de cuerpos de agua y la mejora en los sistemas de almacenamiento y distribución. Su propósito principal es garantizar el acceso equitativo al agua, mejorar la calidad de los servicios hídricos y fomentar la sostenibilidad de los recursos naturales.

Tiene como objetivo establecer un marco unificado de manejo hídrico que permita solucionar problemas actuales, como el desperdicio y la escasez, mientras fomenta el uso eficiente y sostenible del agua a largo plazo. También busca reducir las brechas institucionales y optimizar la prestación de servicios.

Sus principios pueden describirse en cinco ideales:

- Sustentabilidad ambiental: protección de los ecosistemas acuáticos.
- Eficiencia hídrica: reutilización y optimización de recursos.
- Accesibilidad y equidad: agua para todos, especialmente en comunidades vulnerables.
- Innovación tecnológica: implementación de soluciones innovadoras para la gestión hídrica.
- Mejora en la gobernanza del agua: promueve la participación de comunidades y sectores clave en la toma de decisiones, además de combatir la corrupción y fortalecer la regulación.

(UIEM) titulada “Los dos paradigmas de la gestión de agua. Ayer, hoy y mañana” el 03 septiembre 2024.

Conclusiones del Capítulo 2

El agua en la ciudad ha jugado un papel multifacético en el contexto de los manuales, guías, reglamentos, lineamientos y normas de carácter urbano. Con respecto a la pregunta planteada; ¿La planeación urbana y la planeación hídrica consideran al recurso hídrico en relación con el desarrollo urbano? Se resalta que; desde el Manual para la elaboración de Planes de Desarrollo Urbano de Centros de Población de 1981 y hasta la Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-003-SEDATU-2023 Fortalecimiento del Sistema Territorial ante Amenazas de origen natural y de cambio climático, el recurso es considerado como un fundamento para el desarrollo urbano particularmente de las siguientes formas:

- Recurso esencial para la vida urbana: el agua es vista como un recurso esencial para la vida diaria de los habitantes de la ciudad, siendo crucial para el consumo humano, la higiene y otras actividades domésticas, así como para la salud pública.
- Planificación de infraestructura hidráulica: se destaca la importancia de planificar y desarrollar una infraestructura hidráulica adecuada. Así como la importancia de una gestión integral del agua, abarcando desde su captación (en los últimos instrumentos), almacenamiento y distribución hasta su tratamiento y reutilización para asegurar una gestión eficiente y sostenible que asegure un suministro constante y de calidad.
- Prevención de inundaciones: se describe la necesidad de incorporar medidas para la prevención de inundaciones mediante la creación de sistemas de drenaje pluvial eficaces (sistemas de drenaje urbano sostenibles o soluciones basadas en la naturaleza) que favorezcan la conservación de áreas naturales y la integración de infraestructura verde que actúen como zonas de absorción y se evite la escorrentía, favoreciendo la infiltración y la retención de agua de lluvia.
- Protección de fuentes de agua: se destaca la necesidad de proteger las fuentes de agua naturales, como ríos, lagos y acuíferos, para mantener la disponibilidad y calidad del recurso a largo plazo.

A pesar de que el agua es un recurso esencial para la vida urbana, su consideración en los planes urbanos es, en el mejor de los casos, limitada. Por un lado; se sigue considerando un

recurso vital para las actividades económicas, y por otro el enfoque predominante sigue siendo el de suministro y disposición de agua, sin un verdadero compromiso con la gestión integrada del recurso que asegure que las ciudades crezcan de manera sostenible y resiliente ante desafíos como el cambio climático y la escasez del recurso; y que, finalmente, concrete una idea general de un modelo de desarrollo urbano.

En cuanto a la planeación hídrica, los instrumentos normativos analizados; la abordan desde una perspectiva de recurso y otra de riesgo. La ley de Aguas Nacionales, el Programa Nacional Hídrico, el Programa Hídrico integral del Estado de México y el Plan de Desarrollo del Estado de México; mencionan que el agua debe ser gestionada de manera que se garantice su disponibilidad para satisfacer las necesidades de la población, tanto en zonas urbanas como rurales. Esto incluye la distribución, control, preservación de su cantidad y calidad, y el fomento de servicios públicos relacionados, como el agua potable, alcantarillado, saneamiento, recirculación y reúso del agua.

En el caso de la Ley de Aguas Nacionales (LAN) se observa que se centra en la administración del agua a nivel nacional, con un enfoque tradicional en la distribución y uso del recurso. Sin embargo, no se ha actualizado de manera significativa para enfrentar los retos del cambio climático, la urbanización acelerada, y la demanda creciente de agua en zonas urbanas.

Por otro lado, los programas nacional y estatal de protección civil consideran que el agua juega un papel fundamental en la gestión del riesgo de desastres y en la protección de las comunidades urbanas. Promueven la integración de consideraciones sobre el manejo del agua en los planes de desarrollo urbano y en la planeación territorial, reconociendo su importancia para prevenir y mitigar los efectos de fenómenos naturales como inundaciones y sequías.

Si bien desde las dos miradas; urbana e hídrica; el agua es considerada un recurso esencial para el desarrollo desde la perspectiva de una gestión adecuada; la planeación urbana y la planeación hídrica en México han sido históricamente tratadas de manera separada, lo que ha generado una serie de problemas estructurales en el manejo y gestión de los recursos

hídricos en contextos urbanos, es decir, resulta desarticulada como un fundamento para el diseño de los modelos de desarrollo urbano. Al realizar una crítica desde esta perspectiva, es importante señalar cómo los instrumentos normativos de ambas áreas no han evolucionado a la par con las necesidades actuales, resultando en una integración insuficiente del recurso hídrico en la planeación urbana. Además, se limita la escala a nivel nacional y estatal, siendo nulos los instrumentos a nivel local.

Esta falta de integración sistémica entre la planeación urbana y la planeación hídrica es uno de los principales problemas. Los instrumentos normativos de urbanismo no articulan de manera adecuada la gestión del agua como un eje central en la planeación de ciudades. Si bien se menciona la necesidad de incorporar criterios de sustentabilidad, en la práctica, las políticas hídricas y urbanas suelen implementarse de manera aislada.

Otro problema evidente es la desactualización que presentan los enfoques de los instrumentos debido a la desactualización. En el caso de la LAN, cuyo último cambio significativo fue en 2004, no incorpora enfoques contemporáneos como la gestión basada en cuencas o la importancia del ciclo hidrológico completo en la planeación urbana.

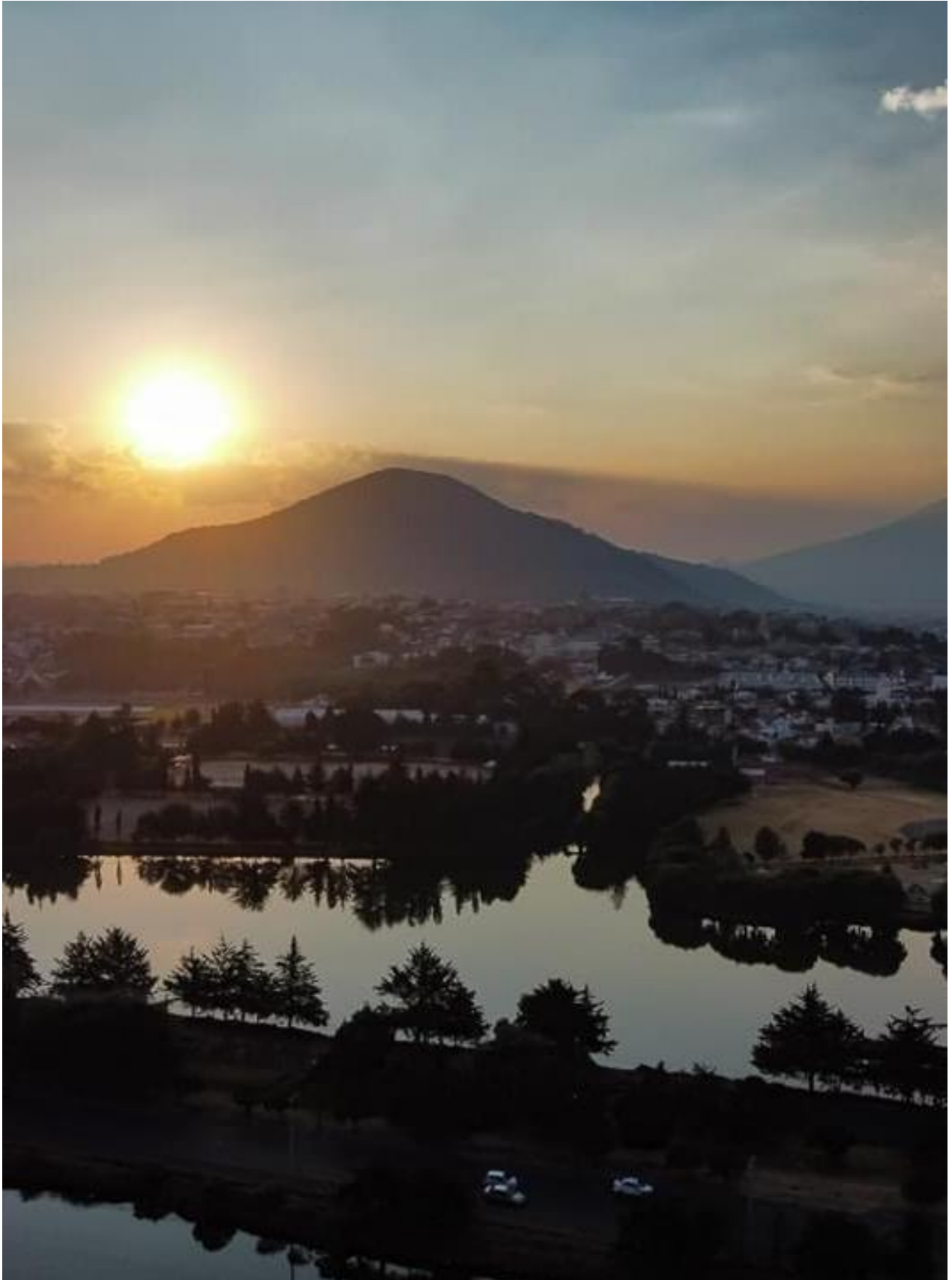
Aunado a esto; existe una falta de nuevos instrumentos que respondan a la creciente complejidad de la gestión del agua en áreas urbanas. La planeación hídrica requiere de nuevos enfoques normativos que consideren la recarga de acuíferos, la reutilización del agua, y la infraestructura verde. Por ejemplo, la falta de normativas actualizadas que promuevan la infraestructura verde, como parques urbanos que funcionen también como áreas de infiltración de agua, o sistemas de captación de agua pluvial en edificaciones urbanas, refleja un atraso en la normativa frente a las necesidades actuales.

Por lo tanto, para responder a estos desafíos, es crucial que se promueva la actualización de los marcos normativos existentes y se desarrollen nuevos instrumentos que integren el agua como un eje central en la planeación urbana. Esto incluye la adopción de planes de gestión hídrica que se alineen con los planes de ordenamiento territorial, la incorporación de indicadores de gestión sostenible del agua en los instrumentos de evaluación de impacto

urbano, y la promoción de la participación ciudadana en la toma de decisiones relacionadas con la gestión del agua.

Además, es necesario desarrollar normativas específicas para la gestión del agua en el contexto de la infraestructura urbana, promoviendo la creación de redes de drenaje sostenible, el uso de tecnologías para la captación y reutilización de agua pluvial, y la planificación de ciudades que consideren el ciclo hidrológico desde su diseño inicial. La escala local de los instrumentos es también un factor importante que considerar.

Una planeación efectiva del futuro de las ciudades mexicanas debe incluir una visión holística que considere el agua no solo como un recurso a gestionar, sino como un elemento central del diseño y funcionamiento urbano. Esto requiere de una reforma profunda en los marcos legales y la creación de nuevos instrumentos que permitan una gestión más integrada y sostenible del recurso hídrico en las áreas urbanas. Se propone a partir de esta revisión una construcción de un estilo de planeación basado en la integración del ciclo de agua al que se denomina *planeación urbana hídrica pluvial*.



Capítulo 3. El contexto territorial y de planeación del caso de estudio: Atlacomulco de Fabela, México

A partir de la pregunta ¿Atlacomulco de Fabela, Estado de México ha considerado al agua como un elemento en su planeación urbana? este tercer capítulo tiene como objetivo caracterizar Atlacomulco de Fabela, México, su planeación urbana y gestión de agua durante el Siglo XX y XXI identificando sus fortalezas y debilidades.

Desde los primeros años de existencia del municipio; y en especial su cabecera, se ha establecido como un punto de importancia a nivel regional. Su evolución ha estado determinada por criterios desarrollistas; con la intención de conformarlo como un centro prestador de servicios lo que le confiere cualidades particulares que lo han posicionado en la red regional de ciudades. Esta condición ha determinado así mismo; su paradigma urbano y de gestión de agua.

Se presentan en este capítulo, la situación actual del agua en México y la aptitud del caso de estudio desglosada en las dimensiones natural, social, física espacial e instrumental.

3.1 Situación actual del agua en México

En el ciclo hidrológico una proporción importante de la precipitación pluvial regresa a la atmósfera en forma de evapotranspiración, mientras que el resto escurre por los ríos y arroyos delimitados por las cuencas hidrográficas, o bien se infiltra en los acuíferos.

Anualmente México recibe alrededor de 1,489 miles de millones de metros cúbicos (1.5 km^3) de agua en forma de precipitación. De esta agua, se estima que el 73.1% se evapotranspira y regresa a la atmósfera, el 22.1% escurre por los ríos o arroyos, y el 4.8% restante se infiltra al subsuelo de forma natural y recarga los acuíferos (Comisión Nacional del Agua, 2011, pág. 20).

De acuerdo con los trabajos realizados por la CONAGUA, el INEGI y el INE, se han

identificado a lo largo del país 1,471 cuencas hidrográficas⁴ que, dada la diversidad geológica y de relieve, presentan gran disparidad en su tamaño. Se diferencian en tres tipos: las cuencas exorreicas; las cuales descargan sus aguas al mar, las cuencas endorreicas; las cuales descargan sus aguas a un cuerpo de agua continental como un lago o bolsón, y las cuencas arreicas; las cuales no desembocan sus aguas ni en lagos, ni en mares, pues se evaporan o se infiltran al suelo.

Para fines de publicación de la disponibilidad de aguas superficiales, se han agrupado y/o subdividido en 37 regiones hidrológicas las cuales son “porciones territoriales definidas en función de sus características orográficas e hidrológicas, por lo que sus límites son distintos a la división política de estados y municipios” (Instituto Mexicano para la competitividad, 2023, pág. 10). En cada una de las 37 regiones hidrológicas está contenida al menos una cuenca y, a su vez, no existe cuenca que esté en más de una región hidrológica.

Las regiones hidrológicas a su vez, se agrupan en 13 regiones hidrológico-administrativas (RHA) (Figura 20), las cuales se definen como “agrupaciones geográficas definidas por criterios hidrológicos que obedecen a la división política municipal para la administración e integración de la información socioeconómica” (Instituto Mexicano para la competitividad, 2023, pág. 10) y son consideradas unidades básicas para la gestión de los recursos hídricos, por lo que su conocimiento es una de las cuestiones centrales para la gestión adecuada del agua.

La RHA más extensa en el país corresponde a la del Río Bravo, con una superficie de 390 mil 440 km², en contraste con la de Aguas del Valle de México, cuya superficie es de 18 mil 229 km². Sin embargo, esta última es la región más densamente poblada y con la menor disponibilidad de agua renovable⁵ anual con 150 m³/habitante, que contrasta con la región

⁴ Territorio que drena el agua proveniente de la lluvia sobre un curso principal de agua, hasta que llega al mar, lago u otro río mayor

⁵ El agua renovable es la cantidad máxima de agua que es factible explotar anualmente en un país, sin alterar el ecosistema y que se renueva por medio de la lluvia. Se calcula como el escurrimiento natural medio superficial interno anual, más la recarga total anual de los acuíferos, más las importaciones de agua de otras regiones, menos las exportaciones de agua a otras regiones (Instituto Mexicano para la competitividad, 2023)

Frontera Sur, la cual cuenta con 19 mil m³/habitante.



Figura 20 Cuencas y regiones hidrológico-administrativas

Fuente: Elaborado por el IMCO con información de CONAGUA (2022).

Las RHA que se integran por un mayor número de municipios son Golfo Centro con 432 y Balsas con 420. La RHA de la Península de Yucatán es la más dependiente de las aguas subterráneas. El 96.6% del agua consumida proviene de sus cuatro acuíferos. Por su parte, la RHA Frontera Sur es la más húmeda con una precipitación normal anual de 1,842 mm, mientras que la Península de Baja California es la más seca con solo 168 mm de precipitación normal anual.

Por su parte, Lerma-Santiago-Pacífico, de interés para esta tesis, es la región con mayor número de habitantes con 25.6 millones en 332 municipios (78% urbana, 22% rural) y también es la que cuenta con mayor número de acuíferos, con 128, siendo entonces que el 52% del aporte proviene de aguas subterráneas. Su superficie es de 192 722 km² y su precipitación anual de 398 mm. Se considera con un alto grado de presión (44%) con un consumo de agua renovable por habitante de 15,292 hm³/año contra una disponibilidad de 1,469 hm³, lo que representa un gran consumo anual de agua ante una baja disponibilidad del recurso (Instituto Mexicano para la competitividad, 2023).

De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS) una persona requiere de 100 litros de agua al día (cinco o seis cubetas grandes) para satisfacer sus necesidades básicas (tanto de consumo como de higiene). Sin embargo, en México, principalmente en las regiones del centro del país el consumo promedio de agua por persona es de 380 litros de agua al día (Instituto Mexicano para la competitividad, 2023, pág. 13) .

El 97% de agua dulce disponible en estado líquido es la que se encuentra en la fase subterránea del ciclo hidrológico. El agua subterránea es el agua que, después de caer sobre la tierra, se infiltra y desciende hasta encontrar una capa de suelo impermeable. La acumulación de este recurso forma una capa subterránea conocida como acuífero

El líquido fluye en el subsuelo en promedio a una profundidad de entre 2.5 y 5 km y recorre todo el territorio nacional. “Eventualmente sale a la superficie de manera natural a través de manantiales, áreas de humedales, cauces fluviales o de forma directa hacia el mar. También puede dirigirse artificialmente a pozos o a otros tipos de captaciones de agua” (Rosen, 2020, pág. 66).

Aproximadamente 40% del agua concesionada es subterránea y alrededor del 70% del agua que se utiliza en las ciudades proviene de los acuíferos, de los cuales algunos ya se encuentran sobreexplotados. La definición de si los acuíferos se convierten en sobreexplotados o dejan de serlo se da en función de la relación extracción/recarga; es decir que la extracción de agua excede a la recarga en un 10%.

En 2018, 18% de los acuíferos subterráneos estaban sobreexplotados. De todos los acuíferos que están siendo sobreexplotados, 31 se encuentran en la región Lerma-Santiago-Pacífico, 24 en las Cuencas Centrales del Norte, 20 en la zona del Río Bravo y 18 en la Península de Baja California.

Se estima que el 60% del agua potable en México proviene de cuerpos de agua superficiales. El país tiene una red hidrográfica de 633 mil km de longitud, destacando 51 ríos que transportan el 87% del escurrimiento superficial. Sin embargo, el agua superficial enfrenta

problemas de contaminación, principalmente por aguas residuales de origen doméstico, industrial, agrícola y ganadero, que a menudo se vierten sin tratamiento previo y contienen sustancias y elementos contaminantes disueltos. Se estima que el 70% de los cuerpos de agua dulce en México están contaminados, de los cuales el 31% se consideran como extremadamente contaminados pudiéndose encontrar mercurio, plomo, cadmio, níquel, cromo, arsénico, cianuro o tolueno; entre otras sustancias químicas (Prudencio, 2020, pág. 53).

El agua, ya sea superficial o subterránea, se clasifica en dos grandes categorías: el uso consuntivo, que hace referencia al consumo directo de agua por diversos sectores, y el uso no consuntivo, que implica la utilización de la energía del agua para generar electricidad a través de las hidroeléctricas. La Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) es la instancia encargada de publicar datos sobre el volumen concesionado por tipos de uso, tipo de fuente; superficial o subterránea, entidad federativa y región, entre otras clasificaciones.

Aun cuando éstos son los datos oficiales, el volumen autorizado en una concesión no representa el volumen real de uso. Los registros no están actualizados pues no hay estudios que permitan conocer con mayor precisión cuánta agua se extrae y para que uso; la CONAGUA tiene un inspector por estado y se cuenta con aproximadamente una estación hidrométrica por cada mil kilómetros de río. Además de que la red de monitoreo de profundidad del agua subterránea observa solamente 1,000 pozos lo que representa solo 4% de los pozos que extraen agua en el país (Rosen, 2020).

Lo anterior, evidencia que México está atrasado en el conocimiento científico y su aplicación técnica; sobre todo por problemas de tecnología, cobertura y gestión principalmente. El país es conocido mundialmente como *topos* (Rosen, 2020) pues se hacen hoyos con los ojos cerrados buscando a ver dónde se le da al clavo y se saca agua, además de que se sigue apostando por grandes obras hidráulicas para trasladar enormes volúmenes de agua de una cuenca a otra que; además de ser insuficiente, genera graves problemas sociales y ambientales.

En 2020, el sector agropecuario fue el mayor consumidor de agua, utilizando el 76% del total concesionado, principalmente para el riego de cultivos y la ganadería. En segundo lugar, se encuentra el abastecimiento público, con un 15% del total concesionado, que se distribuye a través de las redes de agua potable a hogares, industrias y otros usuarios conectados. Por último, la generación de energía eléctrica en plantas termoeléctricas representa el 4% del agua en concesión (Figura 21).

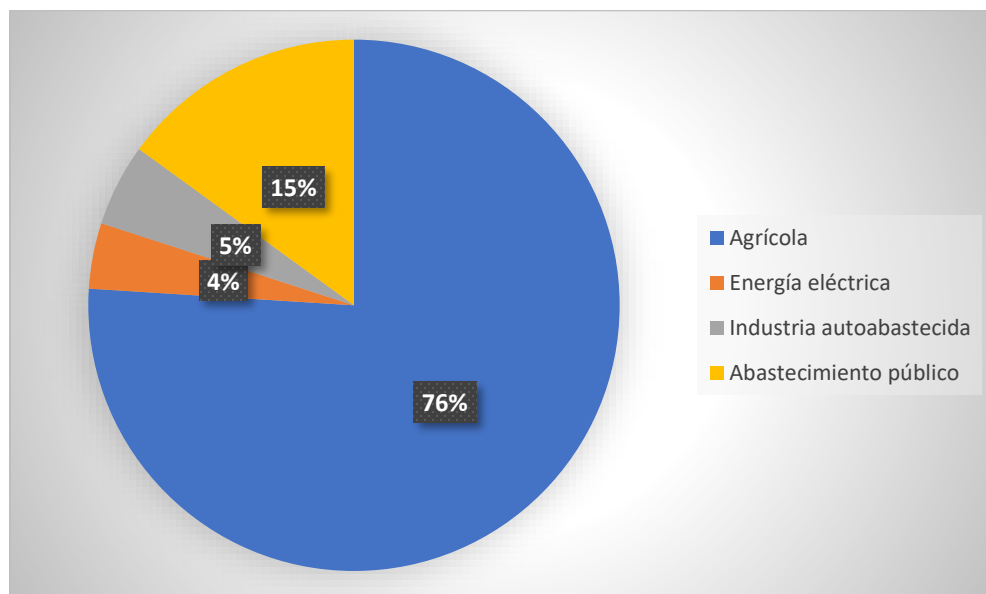


Figura 21 Distribución de volúmenes de agua para usos consuntivos en México
Fuente: Elaboración propia S.C.R.M (2023) con datos de CONAGUA.

3.1.1 Seguía, escasez o mala gestión

La recarga de acuíferos depende de las condiciones de la cuenca hidráulica, del suelo y de las precipitaciones, y se ve afectada por el aumento de sequías. Del total de agua al año que recibe México en forma de precipitación (alrededor de 1.5 millones de hm^3); el 67% cae entre junio y septiembre, en su mayoría en la región sur - sureste; donde tienen lugar el 50% de las lluvias.

Los datos de la SEMARNAT indican que la precipitación promedio anual a nivel nacional ha aumentado a través del tiempo, presumiblemente debido al cambio climático,

particularmente al aumento de la temperatura en el país⁶. En promedio, la temperatura anual de México ha pasado de 20.8°C en 2000 a 22.1°C en 2021, es decir, un incremento de 1.3°C., lo que ocasiona inundaciones y huracanes que están llegando a afectar la productividad y las vidas humanas. Sin embargo, este fenómeno no se ha presentado en todas las entidades federativas con la misma intensidad. Tal es el caso de la Ciudad de México, donde la precipitación se ha reducido 13 mm y el Estado de México donde ha disminuido 28 mm (reducción dada de 2000 a 2021) (Instituto Mexicano para la competitividad, 2023).

Debido a que poco más de la mitad del país (52%) tiene un clima árido o semiárido, México es vulnerable a las sequías. Si bien las sequías son fenómenos periódicos normalizados y recurrentes, la tendencia de la última década muestra que han aumentado en frecuencia, intensidad y duración (Instituto Mexicano para la competitividad, 2023). Una sequía se define como la “disminución o ausencia de precipitaciones respecto al índice pluvial anual. Cuando se presentan provocan un desbalance, pues la disponibilidad del recurso es insuficiente para satisfacer las necesidades de los seres vivos” (Instituto Mexicano para la competitividad, 2023, pág. 22). Se estima que el 95% de las sequías se concentran en el norte y centro de México, lo que pone en riesgo a 46% del total del agua subterránea del país.

La región Lerma-Santiago-Pacífico, que representa el 20% del consumo de agua en México, es también una de las más golpeadas por las sequías, concentrando el 30% de los efectos de sequía en el país. El Sistema Cutzamala, que se encuentra en esta cuenca y abastece parte de la Ciudad de México y el Estado de México, alcanzó en junio de 2021 su nivel más bajo en los últimos 10 años, con solo el 35% de su capacidad máxima.

Esta variación en la intensidad de lluvias en México dificulta la captación de agua tanto en cuerpos de agua superficiales como subterráneos.

De acuerdo con el Atlas de Riesgo Hídrico elaborado por el Instituto Nacional de Ecología y

⁶ Un estudio encabezado por la Universidad de Texas en Austin (EE. UU.) y que publica Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS) (2024) explica lo que han definido como la anomalía de la precipitación urbana; que consiste en que el desarrollo urbano afecta de forma sustancial y mayor a la cantidad de precipitaciones en una zona.

Cambio Climático (INECC) y el World Resources Institute (WRI) (2019), dos terceras partes del país están marcadas como áreas de estrés hídrico. Éstas se ubican en las zonas norte y centro, en donde reside la mayor parte de la población y se concentran las principales actividades productivas.

Por sobre todo lo mencionado, es indiscutible que se ha tenido una mala gestión del recurso para las diversas actividades humanas comprometiendo la disponibilidad de agua tanto en calidad como en cantidad.

México enfrenta desafíos significativos en la gestión del agua. Es crucial revisar el modelo de gestión actual y considerar las regiones más afectadas del país (norte y centro) para establecer normativas e implementar infraestructura adecuada.

3.2 Aptitud territorial de Atlacomulco de Fabela, México

El Municipio de Atlacomulco se localiza en la zona IV Norte del Estado de México (Región 12 Ixtlahuaca)⁷ en la latitud 19°43' N y longitud 99°52' O. Colinda con los Municipios de Acambay y Timilpan al norte; Morelos al oriente; Jocotitlán al sur y Temascalcingo al poniente (Figura 22). Cuenta con una superficie aproximada de 25,827 hectáreas. El municipio se encuentra organizado política y administrativamente por 33 Comunidades y una Cabecera Municipal denominada Atlacomulco de Fabela con categoría política de ciudad y conformada por 20 colonias.

La cabecera municipal limita al poniente con la localidad de Santa Cruz Bombatevi, al norte con el Ejido de Bombatevi, La Palma, al norponiente con San Luis Boro, al oriente con el Cerro de los Cruces y Tecuac y sus ejidos y al sur con la zona Industrial, mediando el cauce del Río Lerma (Figura 23). Se sitúa a 2540 m.s.n.m.

⁷ Esta Nueva Regionalización de la Administración Pública Estatal fue publicada en Gaceta del Gobierno mediante un Decreto del Ejecutivo Estatal y entró en vigor en 2024. El documento fue presentado por el secretario general de Gobierno en turno; Horacio Duarte Olivares.



Figura 22 Macro ubicación del municipio de Atlacomulco en la Región 12
Fuente: Retomado de (Secretaría de Finanzas, 2024, pág. 7).

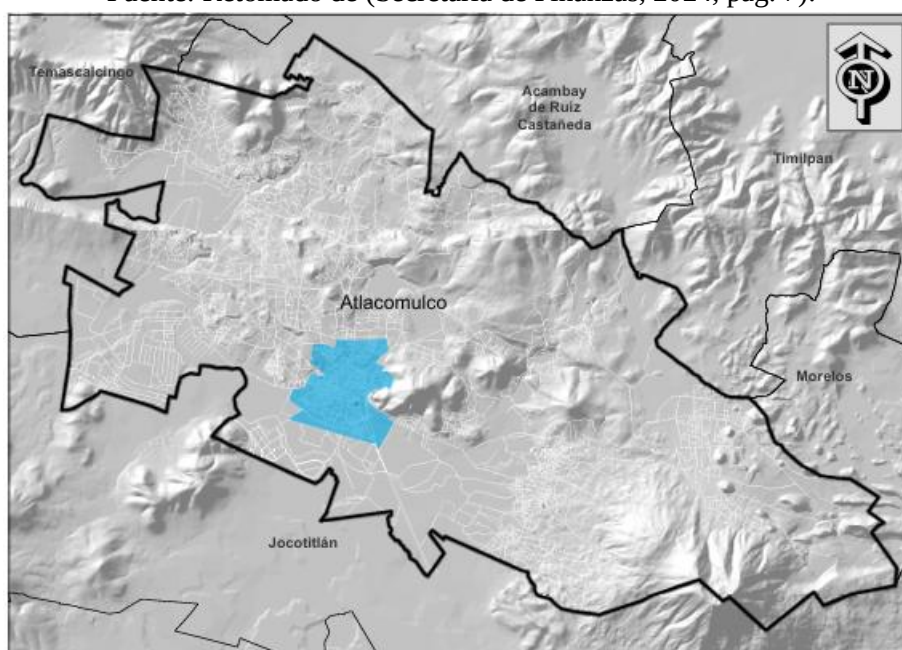


Figura 23 Micro ubicación de la cabecera municipal Atlacomulco de Fabela
Fuente: Elaboración propia S.C.R.M (2023).

De acuerdo con diversas fuentes (Arias Flores, 1998), Atlacomulco fue fundado por el grupo étnico mazahua; ignorándose la fecha de su llegada, al cual le llamaron “Ambaró” que significa “Piedra colorada” debido a la presencia significativa de minas de tezontle rojo, destacando su cerro de las cruces; hoy fuertemente explotado (Figura 24 y Figura 25).



Figura 24 Mina de tezontle (Cerro de las cruces) años 50
Fuente: Dominio público



Figura 25 Mina de tezontle (Cerro de las cruces) año 2009
. Fuente: Dominio público

Con la dominación del pueblo azteca se designó el nombre náhuatl de Atlacomulco, compuesto de atl; agua, tlaomulli; barranco, hoyo o pozo, y co; en, que quiere decir “En los pozos”. Se ha interpretado también como reposadero de agua.

La conquista española agregó al nombre náhuatl el nombre del santo patrono, quedando como Santa María Atlacomulco. En 1951 el gobernador del Estado de México Alfredo del Mazo Vélez elevó su categoría a Villa de Atlacomulco de Fabela en honor a Don Isidro Fabela, célebre personaje multifacético oriundo de la ciudad. Una vez consumada la independencia de México y al erigirse el Estado de México en 1824 se establece el municipio de Atlacomulco el 4 de agosto del mismo año, siendo Don Agustín Peláez, el primer alcalde. Para 1987 se eleva la Villa Atlacomulco de Fabela a la categoría de ciudad; siendo actualmente este su nombre oficial: Atlacomulco de Fabela.

Atlacomulco se ha constituido en los últimos 50 años como un nodo de desarrollo entre los municipios que colindan con él debido a sus características físicas, económicas, políticas y sociales. Físicamente, su ubicación lo ha dotado de vías de comunicación intermunicipales con conexiones a carreteras estatales y federales. Económicamente cuenta con los dos parques industriales de la región II además de ser un centro de abastos para las comunidades de los municipios aledaños.

Socialmente ha pasado de ser un municipio expulsor de población a uno receptor. Mientras en el año de 1950 la cabecera, Atlacomulco de Fabela, albergaba 584 habitantes, para 1990 alcanzó 13 475 habitantes. Entre 1990 y 1996 tuvo un índice de crecimiento de 4.1% siendo que la media nacional fue de 2%, entre 2000 y 2005 de 0.2%. Para el 2005 se llegó a 10,730 habitantes; y para el 2010 la población creció a 12,026. Con base en el último censo del INEGI (2020) hoy viven un total de 23 219 habitantes lo que representa un 21.23% de la población municipal (109,348 habitantes). En cuanto a índices socioeconómicos y según CONEVAL, el índice de rezago social es *bajo* siendo negativo (-0.48033). A pesar de que la región tiene alta marginación; Atlacomulco tiene una alta participación económica y por tanto una baja marginación posicionándose en el lugar 1540 en el contexto nacional y como el líder de la anterior Región II del Estado de México⁸.

El inicio del desarrollismo en el municipio se dio a partir de la década de los años cincuenta; cuando con la contribución del Lic. Isidro Fabela Alfaro, se impulsó el crecimiento urbano, su equipamiento y fomento económico, contando con la valiosa participación de las autoridades locales y de su población. Durante las tres últimas décadas, el desarrollo municipal de Atlacomulco se hace evidente debido a la infraestructura urbana y de servicios que la hacen ser el centro más importante de la región.

Esta cualidad del caso de estudio responde a los componentes de los que dispone y que son dados por el contexto. Los planes de desarrollo urbano nombran a estos componentes como

⁸ La región II Atlacomulco, determinada por Decreto del Ejecutivo Estatal en 1994, se integró por los municipios de: Acambay, Aculco, Atlacomulco, Chapa de Mota, El Oro, Jilotepec, Jocotitlán, Morelos, Polotitlán, San José del Rincón, Soyaniquilpan de Juárez, Temascalcingo, Tímilpan y Villa del Carbón

la vocación; cuya etimología indica la inclinación a un estado. Sin embargo, esta tesis retoma el término de aptitud; cuyo significado es la cualidad que hace que un objeto, en este caso un territorio ocupado por la ciudad sea apto, adecuado o acomodado para cierto fin, haciendo notar la flexibilidad de las posibilidades de crecimiento según las cualidades identificadas. Atlacomulco posee la siguiente aptitud.

3.2.1 Dimensión natural

Este primer apartado presenta la dimensión biofísica; es decir, las cualidades del medio físico natural consistente en clima, precipitación, orografía y topografía, geología, edafología, vegetación, hidrología y finalmente los riesgos y vulnerabilidad presentes en el caso de estudio.

a) Clima

El clima, según lo define la Organización Meteorológica Mundial (2013); es el estado más frecuente de la atmósfera de un lugar de la superficie terrestre; es decir, una descripción estadística de las condiciones meteorológicas más frecuentes de una región específica en cierto periodo de tiempo.

Se compone por elementos (temperatura, precipitaciones, humedad, vientos) y factores que lo condicionan (latitud, altitud, relieve, corrientes marinas, distancia al mar); además de otros componentes como la biodiversidad y los suelos.

En Atlacomulco de Fabela el clima templado es el que rige, siendo del tipo Cwb según la clasificación de Köppen. El invierno es seco y el verano es fresco pues no se superan los 22 °C de media en el mes más cálido. Las temperaturas medias superan los 10 °C al menos cuatro meses al año.

La temperatura promedio es 13°C. Generalmente varía de 1 °C a 24 °C y rara vez baja a menos de -2°C o sube a más de 27 °C. Entre noviembre y marzo se presentan heladas.

El mes más caluroso del año con un promedio de 15.8 °C, una temperatura máxima promedio

de 24 °C y mínima de 9 °C. es mayo. Enero tiene la temperatura promedio más baja del año con una temperatura mínima promedio de 1 °C y máxima de 19 °C. Durante el año, las temperaturas medias varían en 5.6 °C. La humedad relativa más alta se mide en septiembre (80.82 %). El más bajo en abril (44.01 %). (Ayuntamiento Constitucional de Atlacomulco 2022-2024, 2022)

b) Precipitación

La precipitación es la fase del ciclo del agua que puede producirse por la caída directa de gotas de agua o de cristales de hielo contenidos en una nube. Se clasifica en precipitación líquida y sólida (Ramírez Morales & Vega de Kuyper, 2017).

La precipitación líquida se presenta como lluvia, chubasco, llovizna o aguacero y niebla. Siendo la de interés para esta tesis la lluvia; la cual es el resultante del ascenso y enfriamiento del aire húmedo que se condensa rápidamente dando como resultado una caída directa del agua desde las nubes. Son gotas mayores de 0.5 mm de diámetro que caen con una velocidad superior a 3m/s (Ramírez Morales & Vega de Kuyper, 2017).

En cuanto mayor es la intensidad de la lluvia; más rápidamente se produce la saturación del suelo; incrementándose por lo tanto los excesos superficiales (Custodio Gimena & Ramon Llamas, 1976). Esto está determinado por la capacidad de infiltración del suelo que es la tasa máxima con la cual puede penetrar agua en un suelo en un sitio particular y dada una serie de condiciones, o, en otras palabras; la intensidad máxima de agua de lluvia que puede absorber el suelo. La capacidad de infiltración se puede expresar en mm/h o mm/min.

Si la intensidad de lluvia es superior a la capacidad de infiltración se producirá escurrimiento superficial. Si la intensidad de precipitación nunca excede la capacidad de infiltración, no habrá escurrimiento y se favorecerá la infiltración. Cuanto más baja sea la intensidad de precipitación, mayor será el tiempo en que se mantendrá constante la capacidad de infiltración. (Coruña, 2018).

Para Atlacomulco de Fabela, el tipo más común de precipitación durante el año es solo lluvia, con una probabilidad máxima del 74 % el 4 de julio. La precipitación es de 1 185 mm al año, 800 mm promedio; con presencia de lluvias de verano. Se concentra más del 70% entre junio y octubre con un promedio mensual de 119 mm. La mayor precipitación cae en julio (234 mm, mes con más días lluviosos; 24.47 días).

El mes más seco es diciembre (11 mm, mes con menos días lluviosos; 2.57 días). El periodo del año sin lluvia dura 5.8 meses, del 6 de noviembre al 29 de abril. La diferencia en la precipitación entre el mes más seco y el mes más lluvioso es de 223 mm. La temporada de lluvia es nublada, la temporada seca es parcialmente nublada y es cómodo durante todo el año. (Ayuntamiento Constitucional de Atlacomulco 2022-2024, 2022).

La capacidad de infiltración de la cuenca Lerma-Toluca; en donde se ubica Atlacomulco de Fabela, es un tema complejo. Estudios recientes indican que la cuenca enfrenta desafíos significativos relacionados con la sobreexplotación, lo que ha llevado a una reducción en la capacidad de recarga natural. La cuenca sufre de un balance hídrico negativo, es decir, se extrae más agua de la que se recarga. Este problema se agrava por la pérdida de agua a través de la evapotranspiración, especialmente en las zonas agrícolas, lo que reduce aún más la disponibilidad de agua para recarga. La degradación del suelo y el cambio en el uso del suelo afecta también negativamente.

El valor de la evaporación potencial es de 1,480 mm anuales en la porción central del valle, con valores extremos de 1780 mm, que disminuyen hacia las zonas topográficamente más altas, donde su promedio es de 1100 mm/año (CONAGUA, 2024).

La zona que de acuerdo con los registros de las estaciones meteorológicas recibe mayor precipitación es al oriente (Figura 26).

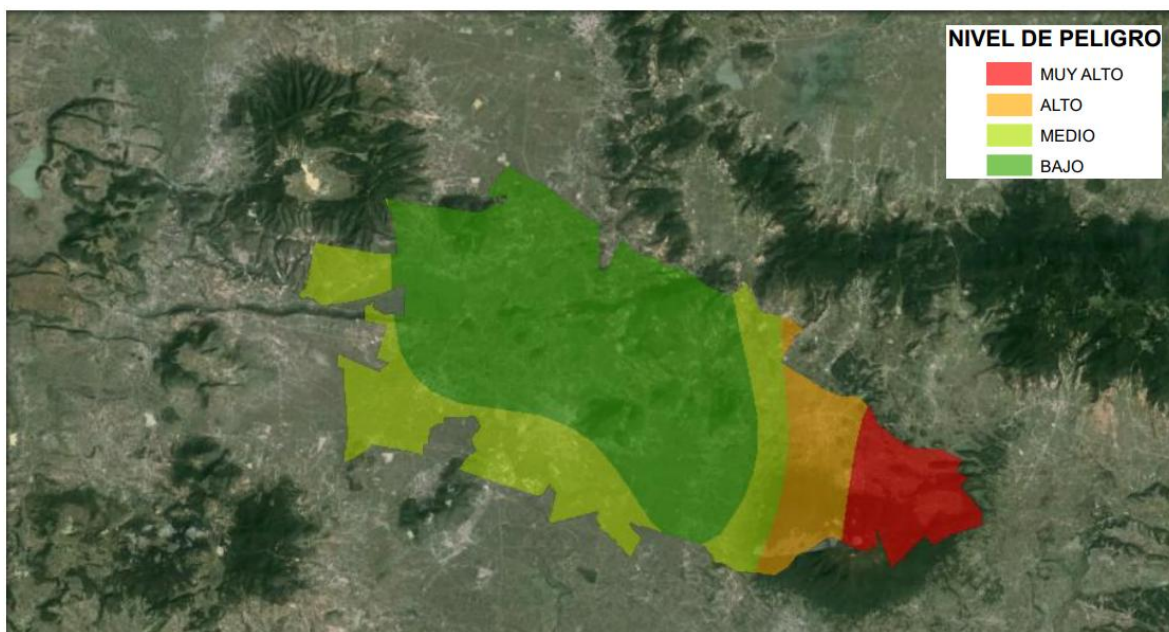


Figura 26 Mapa de peligro por lluvias extremas
Fuente: (SEDATU, 2013)

c) Orografía y topografía

La orografía se encarga de analizar, describir y clasificar las formas del relieve terrestre (Significado de Orografía, 2023); es decir, estudia las montañas, colinas, valles, llanuras y otros accidentes geográficos que conforman el relieve de la Tierra.

La orografía se relaciona directamente con la hidrografía pues determina el flujo del agua; dando lugar a cuerpos de agua superficiales como ríos, lagos y lagunas. Así mismo; el agua incide en los procesos de erosión de la superficie terrestre, moldeando y modificando la capa exterior de la tierra determinando por lo tanto la orografía del lugar.

El municipio de Atlacomulco está localizado en la Provincia Fisiográfica del Eje Neovolcánico, esta se divide en dos subprovincias. El 98,7% de la superficie se ubica en la subprovincia de lagos y volcanes de Anáhuac, sólo la porción occidental se ubica en la subprovincia Mil Cumbres con el 1.3% (Ayuntamiento Constitucional de Atlacomulco 2022-2024, 2022).

Atlacomulco de Fabela presenta una topografía con grandes pendientes y cuenta al oriente con el Cerro Atlacomulco, al norte el Cerro Lashco y además diversas elevaciones en torno al Ejido de Bombatevi, hacia el suroeste, en lo que es la zona industrial, se encuentra el Cerro de Cabeza de Mujer.

d) Edafología y vegetación

La edafología estudia los suelos y la relación que tienen estos con los elementos de su entorno (Munilla Giménez, 2023). El suelo es un cuerpo natural no consolidado que cubre la mayoría de la superficie continental de la corteza terrestre, compuesto por partículas minerales y orgánicas, agua, aire y organismos vivos, que es capaz de soportar la cubierta vegetal (Procuraduría Ambiental y del Ordenamiento Territorial, 2000).

Existe una clasificación general de los tipos de suelos. En nuestro país predominan los Leptosoles (24% del territorio), Regosoles (18.5%), Calcisoles (18.2%), Feozems (9.7%) y Vertisoles (8.3%) (Procuraduría Ambiental y del Ordenamiento Territorial, 2000), mientras que en la zona de estudio los suelos planosol, feozems y vertisol.

Los suelos planosol son aquellos en donde el lavado continuo de sus sales y minerales provoca la existencia de capas inferiores duras de un color claro, conocidas comúnmente con el nombre de tepetate. Son de climas semiáridos o templados. Sustentan pastizales, lo que los hacen fácilmente erosionables. Se utilizan con rendimientos moderados en la ganadería y la agricultura. Ricos en materia orgánica, y medianamente profundos (entre 50 y 100cm). Su textura va de media a fina.

Los suelos phaeozem son suelos ricos en materia orgánica y nutriente. Se encuentran zonas semiáridas hasta templadas o tropicales. En condiciones naturales tiene casi cualquier tipo de vegetación, desarrollándose desde los terrenos planos hasta los montañosos; su susceptibilidad a la erosión depende del terreno en el que se encuentren. Los feozems profundos y situados en terrenos planos se utilizan con éxito en la agricultura de riego y de temporal, mientras que los ubicados en las laderas o pendientes se emplean en la ganadería,

con resultados aceptables. Presenta concentraciones de cal suave dentro de los primeros 100 cm de profundidad, sin salinidad elevada. Se caracterizan por tener una capa superficial oscura, suave, rica en materia orgánica y en nutrientes y son de profundidad muy variable.

En caso de los suelos vertisol, son suelos arcillosos frecuentemente negros, grises o rojizos, pegajosos cuando están húmedos; muy duros y agrietados cuando están secos; en general se erosionan poco y a veces son salinos. En el estado se encuentran en zonas de clima templado y cálido, por lo que su vegetación natural es muy variada. Agrícolamente su uso es diverso y productivo, pues son casi muy fértiles, aunque presentan ciertos problemas para su manejo debido a su dureza. Su uso agrícola es muy extenso, variado y productivo, pero su dureza dificulta la labranza. Tienen baja susceptibilidad a la erosión y alto riesgo de salinización, su textura es media.

Por otro lado; la textura, una de las propiedades más importantes del suelo, se refiere a las proporciones porcentuales de las agrupaciones por tamaños de los granos individuales en una masa de suelo, específicamente, a los porcentajes de arcilla, limo y arenas.

Los suelos arcillosos (predominan las arcillas o partículas menores de 0.002 mm) en México ocupan 23.7% del territorio nacional. Son muy ricos en nutrientes, retienen mucha agua; es decir, son muy impermeables (En estos suelos, las lluvias suaves y prolongadas son más efectivas para infiltrarse y aportar agua que las lluvias intensas y rápidas. Aunque esto también sucede en otros tipos de suelos, es aún más pronunciado en los suelos arcillosos. Si estos suelos tienen un alto contenido de materia orgánica, se mejoran considerablemente sus características negativas. Son los suelos que logran retener la mayor cantidad de agua, aunque una gran parte de ella está fuertemente retenida y no es accesible, lo que aún deja una cantidad significativa de agua disponible para las plantas (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2010).

Los suelos arenosos (predominan arenas o partículas minerales mayores de 0,02 mm de diámetro) ocupan el 14.3% del territorio nacional. Presentan mala estructuración, buena aireación, muy alta permeabilidad pues en ellos predominan los macroporos; y nula retención

de agua (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2010).

Los suelos francos se extienden en un 62% del territorio, tienen una textura equilibrada, es decir, con proporciones similares de arenas y arcillas. En los suelos con textura franca abunda el limo (predominan los limos o partículas entre 0,02 y 0,002 mm), la permeabilidad varía mucho según sea su estructura; puede ser muy lenta cuando la estructura es masiva o bastante rápida cuando la estructura es grumosa. Suelen ser de los más aptos para el cultivo por tener una textura equilibrada y buenas características físicas y químicas. Estos suelos tienden a compactarse con facilidad si su estructura se ve alterada, lo que dificulta la circulación tanto del aire como del agua. A pesar de ello, suelen contar con una buena cantidad de agua disponible para las plantas, ya que retienen mucha más agua que los suelos arenosos. Tienen un color casi negro, son ricos en materia orgánica y no presentan grandes complicaciones para trabajarlos. Son suelos ligeros, aireados y relativamente permeables (aunque menos que los arenosos), con una capacidad media a alta para retener agua (pero menor que la de los suelos arcillosos) (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2010).

La relación de las texturas con la infiltración es directa, de hecho, conociendo la textura se pueden conocer muchas de las propiedades hídricas de los suelos. (Ibáñez, 2006) afirma que: cuanto mayor es el tamaño de las partículas más rápida es la infiltración y menor es el agua retenida por los suelos, los suelos arenosos son más permeables y retienen menos agua que los arcillosos, los suelos con buena estructura tienen mayor velocidad de infiltración que los compactados, el mayor contenido en materia orgánica aumenta el agua retenida por el suelo y a mayor espesor del suelo mayor capacidad de retener agua.

El (Sistema Intermunicipal de los Servicios de Agua Potable y Alcantarillado, 2014) concluye que cuando las texturas son más gruesas, la infiltración será más rápida y en texturas más finas la infiltración es más lenta.

En cuanto a la vegetación; existe una clara asociación con respecto al suelo y, de igual forma, tiene una gran incidencia en las tasas de infiltración. La presencia de cobertura vegetal es el factor más importante para controlar la escorrentía y favorecer la infiltración. Ante mayor

presencia de cobertura se mejora sustancialmente la infiltración (Sosa, Mené, & Salinas, 2018).

En Atlacomulco hay presencia de rocas volcánicas del cuaternario; así como áreas donde originalmente había suelos denominados Planosol, Phaeozem y Vertisol, que ocupan 13,177 hectáreas las cuales representan el 51% de total municipal y se encuentran en la parte suroeste del municipio en donde se ubica la cabecera municipal.

La vegetación que se asocia a estos tipos de suelo es bosque de pino primario y secundario y pradera de alta montaña, pastizal inducido, matorral subtropical primario y secundario, selva baja caducifolia y subcaducifolia, bosque de encino secundario, bosque de pino secundario, mezquital, vegetación halófila y gipsofila, popal-tular, selva baja caducifolia y subcaducifolia. (Ayuntamiento Constitucional de Atlacomulco 2022-2024, 2022)

e) Hidrología

La hidrología estudia el agua en el planeta, tanto de forma superficial como subterránea. Se interesa por sus propiedades, distribución, circulación y flujo. En cuanto a aguas superficiales, Atlacomulco de Fabela pertenece a la Región Hidrológica 12 Lerma-Santiago (RH12A) (Figura 27) y el 100% de su territorio pertenece a la cuenca Lerma-Toluca. La cuenca Lerma-Toluca se divide a su vez en tres subcuencas, dos de las cuales ocupan la mayoría del territorio municipal, la del Río Otzolotepec - Río Atlacomulco (RH12Ab) y la del Río Atlacomulco - Paso de Ovejas (RH12Ac) (Figura 28). Entre ambas subcuencas, de hecho, en el parteaguas de estas; se localiza la principal concentración urbana, la cabecera Atlacomulco de Fabela.



Figura 27 Región hidrológica 12
Fuente: INEGI con intervención propia (2023).

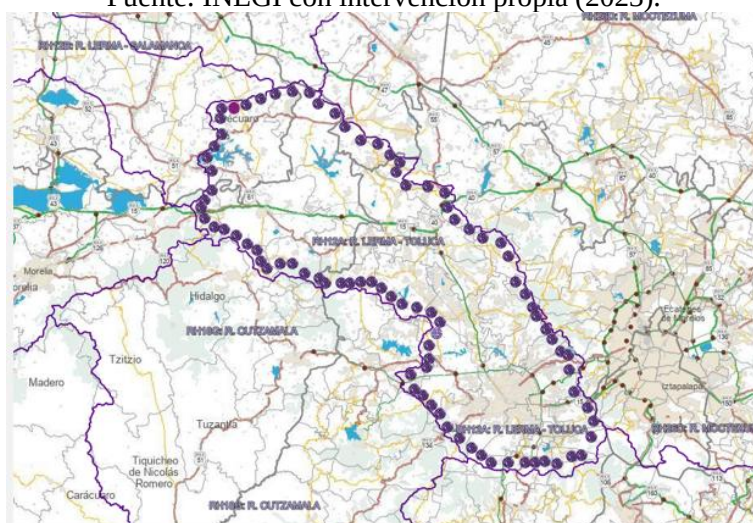


Figura 28 Subcuencas Río Otzolotepec-Río Atlacomulco y Río Atlacomulco-Paso de Ovejas
Fuente: INEGI con intervención propia (2023).

Al poniente de la cabecera municipal atraviesa el Río Lerma en una longitud de 20 km. Además del Río Lerma, el municipio cuenta con otros cuerpos de agua menores, entre los cuales destaca el arroyo La Jornada, el Arroyo Tierra Blanca, cerca de Santo Domingo Shomeje, el Arroyo Zacualpan y los arroyos La Raya y Pueblo Nuevo los tres cerca de las localidades de San Francisco Chalchihuapan y San Pedro del Rosal, el Arroyo Santiago en Cuendo y el Arroyo El Salto cerca del poblado de igual nombre además de El Pescado. Cuenta también con tres presas: la principal que es la J. Trinidad Fabela, la Tic-ti y la Tejocote, que se deben a la cercanía de cerros y lomeríos, además de la impermeabilidad de los suelos.

En cuando a aguas subterráneas; Atlacomulco de Fabela pertenece al acuífero Ixtlahuaca-Atlacomulco (Figura 29), cuya extracción ha sido mayor a la recarga, por lo que se encuentran bajo veda rígida; cuyos decretos se publicaron el 10 de julio de 1978.

Cabe señalar, que en esta Región la veda es de tipo elástica, lo que permite ampliar los volúmenes de explotación en años lluviosos. Lo anterior significa que la extracción de agua del subsuelo inmediato a las zonas urbanas actuales no será posible, o se convertirá en el principal problema a corto plazo (Tabla 9).

Se cuenta con 31 manantiales localizados en las comunidades de Atotonilco, San Pedro del Rosal, San Antonio Enchisi y en Las Fuentes, manantial que abastece de agua potable para Atlacomulco de Fabela, cabecera municipal. El municipio forma parte del Parque Estatal Santuario del Agua y Forestal Subcuenca Tributaria Arroyo Sila; integrado por áreas de Atlacomulco, Ixtlahuaca, Jiquipilco, Jocotitlán, Morelos y Villa del Carbón.

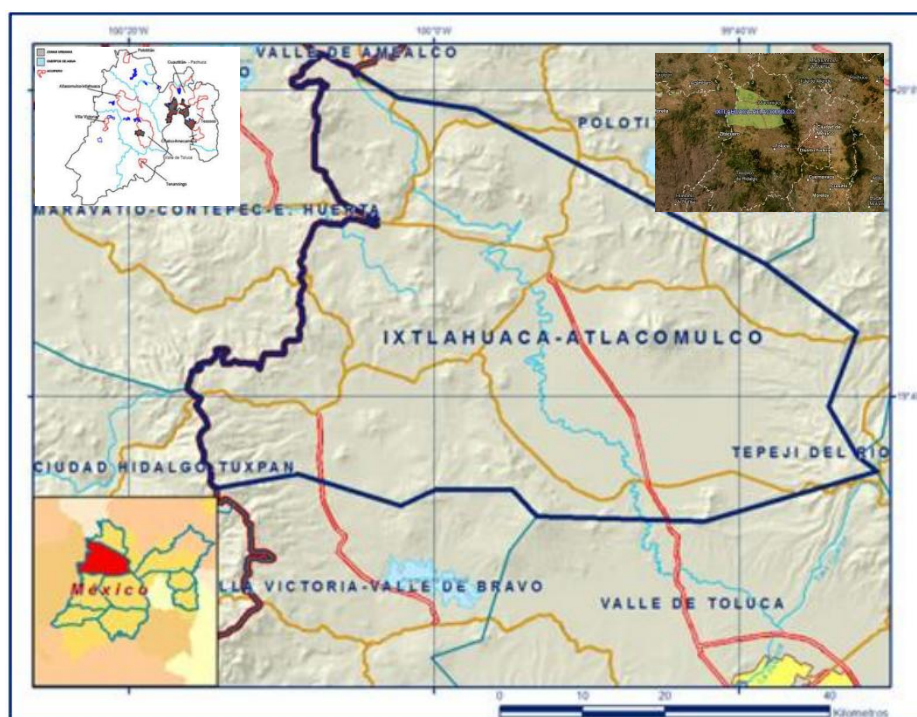


Figura 29 Acuífero Ixtlahuaca-Atlacomulco
Fuente: Retomado de (CONAGUA, 2024, pág. 3)

Acuífero	Recarga	Extracción	Balance	Sobreexplotación
Valle de Toluca	336.8 hm ³ / año	422.4 hm ³ / año	-85.6 hm ³ / año	25.4%
Ixtlahuaca-Atlacomulco	119.0 hm ³ / año	208.0 hm ³ / año	-89 hm ³ / año	74.8%

Tabla 9 Balance del acuífero Ixtlahuaca-Atlacomulco
Fuente: Elaboración propia con datos de (CONAGUA, 2024)

f) Riesgos y vulnerabilidad

Uno de los principales problemas de riesgo es la formación de asentamientos humanos en terrenos destinados a actividades agrícolas. Este tipo de expansión urbana ocurre sin seguir las normativas correspondientes, lo que ocasiona dificultades para que el municipio proporcione servicios básicos, regularice la tenencia de la tierra y logre su integración ordenada al desarrollo urbano.

Por otro lado, la CAEM (Comisión de Agua del Estado de México, 2021) ubicó en el Atlas de Riesgo a Atlacomulco como uno de los 25 municipios afectados por inundaciones. El Atlas Nacional de Vulnerabilidad al Cambio Climático también determina al municipio en un nivel medio en cuanto a vulnerabilidad de asentamientos humanos a inundaciones (Figura 30). La misma categorización se da en el Atlas Nacional de Riesgos (Figura 31).

La inundación ocurre cuando el flujo de una corriente excede sus niveles normales y alcanza cantidades que no pueden ser contenidas en los cauces naturales o artificiales, lo que generalmente provoca daños debido al desbordamiento del agua. Este fenómeno sucede cuando el suelo y la vegetación no pueden absorber toda el agua que llega y esta se desliza sobre la superficie del terreno.

Las inundaciones que se presentan en Atlacomulco son principalmente fluviales, es decir aquellas relacionadas con los ríos, los escurrimientos y sus cauces son la “vía” por la que el agua precipitada recorre.

Se han registraron inundaciones en 11 puntos de la cabecera municipal; los cuales alcanzaron una altura de entre 15 cm y 40 cm, causadas por la combinación de un exceso de precipitación pluvial (lluvias extraordinarias), el azolve y la insuficiencia de la red de drenaje, la falta de capacidad de la infraestructura hidráulica, así como su longevidad.

Destacan como zona de inundación recurrente (Figura 32):

1. El Circuito Vial Jorge Jiménez Cantú, entre Av. Miguel Hidalgo Norte y Av. Isidro Fabela Norte, en la cual se tienen registradas inundaciones en ocho temporadas de lluvias entre el 2002 y el 2012, debido a una combinación de lluvias extraordinarias con una falta de capacidad de la infraestructura hidráulica (Figura 33).
2. La Autopista Atlacomulco – Toluca (Isidro Fabela) (lateral de la salida a Toluca) entre el libramiento y la distribuidora de la Volks Wagen, en la cual se han registrado siete eventos de inundación.
3. El FOVISSSTE (Jorge Jiménez Cantú), entre Isidro Fabela sur y Adolfo López Mateos, en la cual se han registrado inundaciones por seis ocasiones (Figura 34).
4. La Colonia Las Fuentes, entre calzada de Las Fuentes, el Circuito Jorge Jiménez Cantú y la Sv. Roberto Barrios Castro la cual se ha inundado en al menos tres ocasiones (Figura 35).

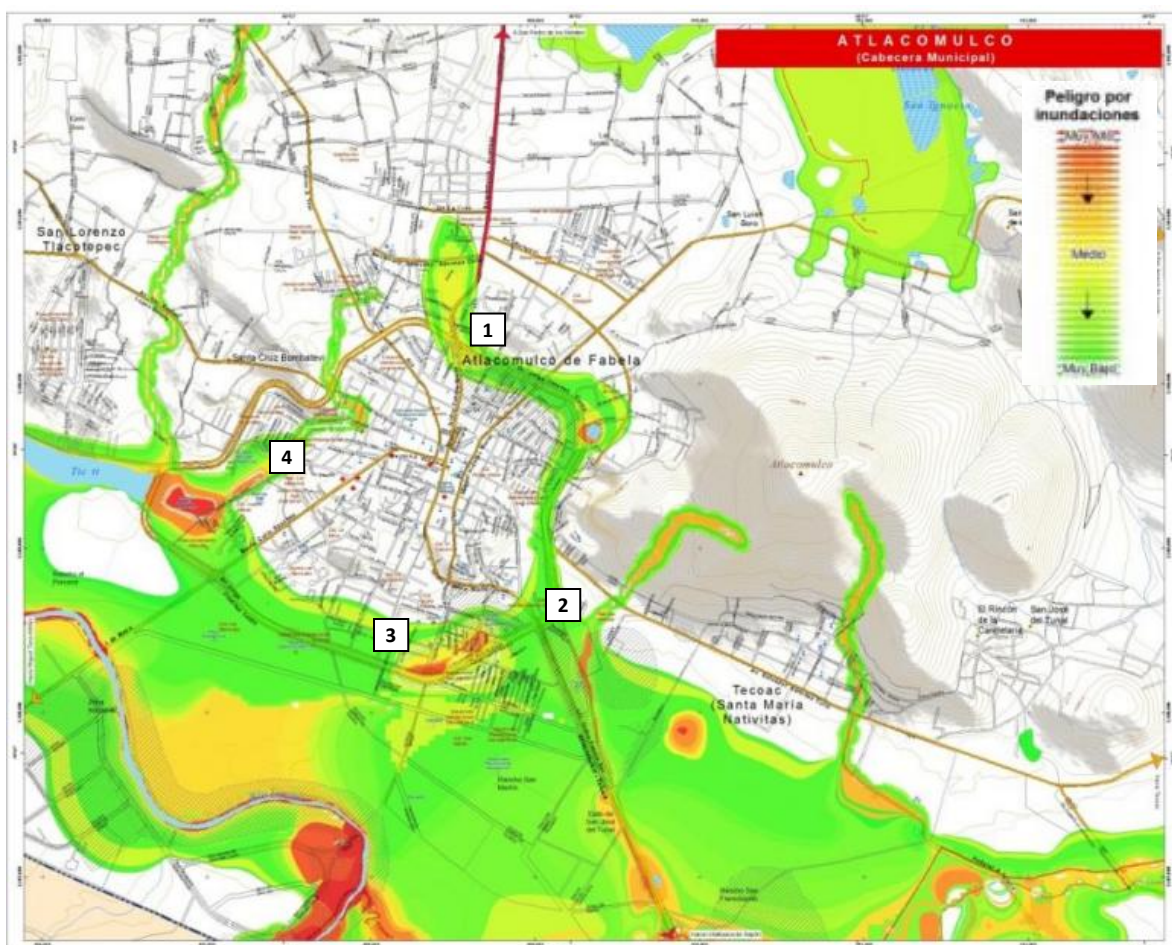


Figura 32 Zonas inundables en Atlacomulco de Fabela, México
Fuente: Atlas de riesgos naturales del municipio de Atlacomulco 2019.

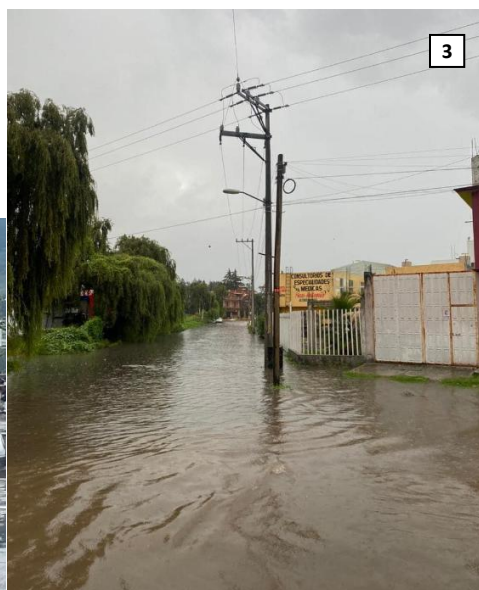




Figura 33 Zonas inundable 1
 Figura 34 Zonas inundable 3
 Figura 35 Zonas inundable 4
 Fuente: Elaboración propia S.C.R.M (2024)

3.2.2 Dimensión social

Este segundo apartado presenta la dimensión social; es decir, las cualidades de las personas que habitan en el lugar. Es necesario que los individuos reflexionen sobre la relación de dependencia que existe y ha existido siempre con el agua, por lo tanto, el conocimiento de las condiciones del medio social permite a su vez conocer su relación con el vital líquido a partir de sus características.

Se desglosan los apartados de características demográficas, características económicas, acceso a tecnología, uso de suelo urbano y consumo y disponibilidad per cápita.

a) Características demográficas

Atlacomulco de Fabela, como cabecera municipal, ha concentrado históricamente más población que el resto de las localidades. Este aumento de población en Atlacomulco se debe a la presencia de fuentes de empleo que favorecen el crecimiento de actividades productivas en la zona, la disponibilidad de servicios educativos en todos los niveles, el desarrollo del comercio y la oferta de servicios especializados, lo que atrae a personas de otras regiones que buscan mejorar sus condiciones y calidad de vida.

En la Tabla 10 se presenta el crecimiento poblacional del municipio desde 1970 hasta 2020, de acuerdo con la información de los Censos de Población y Vivienda y Conteos de Población y Vivienda del INEGI en los diferentes periodos.

Año	Población
1970	31,764
1980	39,124
1990	54,067
1995	65,018
2000	76,750
2005	77,831
2010	93,718
2015	100,675
2017	112,970
2018	114,949
2020	109,348

Tabla 10 Crecimiento demográfico histórico del municipio de Atlacomulco
Fuente: Elaboración propia S.C.R.M con datos del INEGI (2023).

A pesar de los altibajos que ha registrado el crecimiento poblacional del municipio, a partir de 1960 presenta tasas superiores al 3% anual (en el 2017 tuvo el 5.4%) lo que refleja su importancia en la región (Gobierno del Estado de México, 2018). Actualmente tiene una densidad de población de 423.7 hab/km²; siendo que a nivel mundial el promedio es de 60 hab/ km² y a nivel estatal de 738.62 hab/ km² (Ayuntamiento Constitucional de Atlacomulco 2022-2024, 2022).

La población de Atlacomulco de Fabela según INEGI (2020) es de 23 219 habitantes. Si se realiza una estimación futura considerando un promedio anual de 1.2%, en línea con las tendencias demográficas de la región de acuerdo con el Consejo Estatal de Población del Estado de México; se puede prever que para 2027 habrá un aproximado de 24,709 habitantes, para 2030 aproximadamente 25,632 habitantes y para el 2050 aproximadamente 32,769 habitantes.

Del total actual de población; el 52.3% son mujeres y el 47.7% hombres. En cuanto a los rangos de edad que concentraron mayor población fueron 10 a 14 años (10,934 habitantes),

15 a 19 años (10,527 habitantes) y 5 a 9 años (10,441 habitantes). Entre ellos concentraron el 29.2% de la población total (Figura 36).

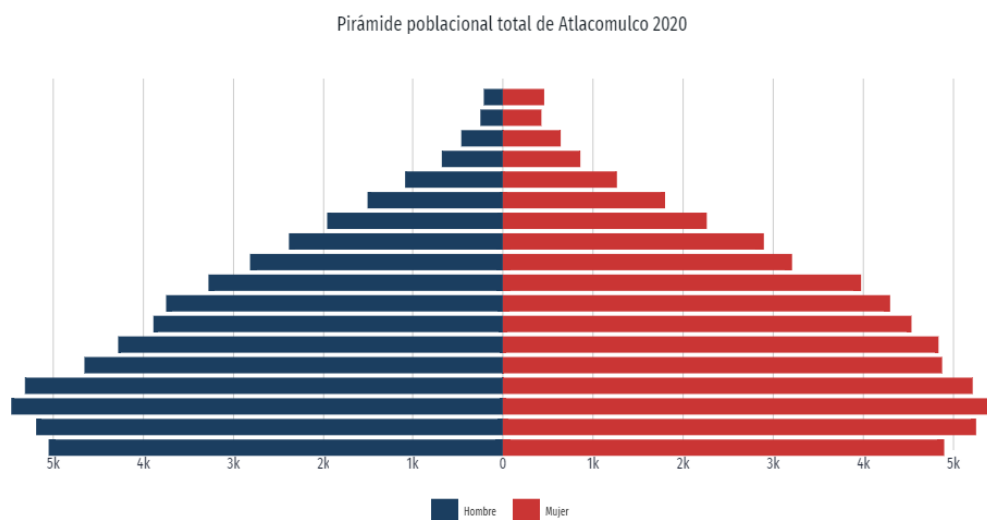


Figura 36 Pirámide poblacional del municipio de Atlacomulco
Fuente: Censo de población y vivienda INEGI (2020).

Por otro lado, 15.1 mil personas de la población de 3 años y más hablan al menos una lengua indígena, lo que corresponde a 13.8% del total de la población de Atlacomulco. Las lenguas indígenas más habladas son Mazahua (14,399 habitantes), Otomí (563 habitantes) y Zapoteco (71 habitantes). (Ayuntamiento Constitucional de Atlacomulco 2022-2024, 2022)

Con respecto al aspecto educativo; los principales grados académicos de la población de Atlacomulco fueron Secundaria (32.4% del total), Primaria (26.7% del total) y Preparatoria o Bachillerato General (22.5% del total). En cuanto al nivel licenciatura; la mayor cantidad de egresados en el ciclo escolar 2020-2021 en Atlacomulco egresaron de: Universidades Públicas Estatales (37.9%), Universidades Tecnológicas (19.2%) y Tecnológico Nacional de México (15.5%). Por nivel educativo, destacan los egresados de licenciatura (80.3%) y técnico superior universitario (11.1%). (Ayuntamiento Constitucional de Atlacomulco 2022-2024, 2022)

Los campos de estudio con mayor número de egresados en el periodo escolar 2020-2021 en Atlacomulco fueron ingeniería mecánica, eléctrica, electrónica, química y profesiones afines

(20.2%), administración y gestión (12%) y negocios y contabilidad (11.1%). Las carreras que destacaron en Atlacomulco por tener mayor número de egresados fueron licenciatura en derecho, ingeniería industrial y licenciatura en enfermería. (Ayuntamiento Constitucional de Atlacomulco 2022-2024, 2022)

La tasa de analfabetismo de Atlacomulco en 2020 fue 5.34%. Del total de población analfabeta, 24.6% correspondió a hombres y 75.4% a mujeres. En 2020, 47.2% de la población se encontraba en situación de pobreza moderada y 9.27% en situación de pobreza extrema. La población vulnerable por carencias sociales alcanzó un 29.5%, mientras que la población vulnerable por ingresos fue de 3.7%. (Ayuntamiento Constitucional de Atlacomulco 2022-2024, 2022)

Las principales carencias sociales de Atlacomulco en 2020 fueron carencia por acceso a la seguridad social, carencia por acceso a la alimentación y carencia por acceso a los servicios de salud.

b) Características económicas

La economía en Atlacomulco está altamente diversificada, ya que, además de su relevante participación en la agricultura, también se desarrollan otras actividades económicas.

En lo que respecta al desarrollo industrial, es importante destacar que desde 1979 se inicia la instalación de infraestructura en la zona, en base al proyecto Atlacomulco 2000. Este parque industrial representa una parte significativa de la economía local, con empresas de diversos sectores, aunque la mayoría se dedica a la producción de productos químicos, equipos de electrificación, electrodomésticos, ropa, así como productos farmacéuticos y alimenticios. Según los datos disponibles, el municipio de Atlacomulco alberga 70 empresas, de las cuales 40 se encuentran en el corredor industrial (Ayuntamiento Constitucional de Atlacomulco, 2022).

Para los años noventa, Atlacomulco presentó un cambio importante en cuanto a la actividad

que realizaba la población, ya que anteriormente la población económicamente activa se dedicaba a las actividades primarias; situación que se invirtió observándose un incremento en los sectores secundario y terciario; siendo el terciario el sector con mayor participación. Lo anterior refleja que, en los últimos veinte años, Atlacomulco se ha convertido en un oferente de bienes y servicios a nivel regional.

La población económicamente activa (PEA) corresponde al 59.8% del total de la población con una tasa de desocupación de 4.46%. Respecto a los ingresos de la PEA ocupada, el 48.77% de la población gana más de dos salarios mínimos (sm) el 30.45% gana de uno a dos salarios mínimos, la población empleada hasta con un salario mínimo es de 12%.

Según datos del Censo Económico (2019), el sector de la industria manufacturera tiene mayor impacto en la economía municipal, ya que las 579 unidades económicas, correspondiente al 10.65% del total municipal, concentra el 73.21% de la Producción Bruta municipal y el 57.98% del Valor Agregado Censal con el empleo del 37.27% de las personas ocupadas en el municipio.

La segunda actividad de mayor impacto en el municipio es el comercio al por menor, que concentra el 51.50% de las unidades económicas y emplea el 25.87% de la población ocupada, por las características de este sector el valor agregado censal es del 14.80%.

Según el Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL, 2020); Atlacomulco de Fabela tiene un índice de rezago social (IRS) de -1.150361; lo que indica un grado “muy bajo”. Por su parte; de acuerdo con el Consejo Nacional de Población (CONAPO, 2020) el índice de marginación (IM) es de 24.9669237388262 revelando un grado de marginación “muy bajo”. Esto quiere decir que factores como acceso a la educación, servicios de salud, vivienda y servicios básicos son suficientes y eficientes para la población de la localidad.

c) Acceso a tecnologías

Las innovaciones tecnológicas aplicadas en los hogares permiten realizar diversas actividades y tareas de manera más eficiente, lo que contribuye a mejorar notablemente la calidad de vida.

En relación con la disponibilidad de tecnologías de la información y comunicación en las viviendas particulares del municipio, cabe señalar que los dispositivos que más se tienen dentro de los hogares son los televisores y teléfonos celulares, el 90.77% y 83.26% respectivamente, por lo que el 92.52% y 86.30% de los ocupantes cuentan con estos servicios. En cuanto a acceso a internet se estima según el INEGI (2020) que un 38% lo tienen.

d) Usos de suelo

De acuerdo con el IGECEM (2013) la superficie de Atlacomulco representa el 1.15% de la extensión territorial de la entidad, siendo el equivalente a 257.87 km², y ocupados por los siguientes usos: La zona urbana ocupa 22.46 km² (8.71%); las zonas agrícolas equivalen a 148.81 km² (57.71%) de los cuales, se dividen entre uso agrícola de riego con 52.63 km² y uso agrícola de temporal con 81.54 km²; los pastizales equivalen a 47.44 km² (18.4%) y finalmente, el uso boscoso representa el 36.25 km² (14.06%).

La zona urbana está expandiéndose sobre los terrenos previamente ocupados por la agricultura, lo que compromete en un mediano plazo la oferta de suelo agrícola y su rentabilidad. Los usos de suelo estipulados son: Habitacional, Centro Urbano, Centro Histórico Cultural, Corredor Urbano, Equipamiento Urbano, Industria (grande, mediana, pequeña y no contaminante), Agroindustria no contaminante, Natural, Agropecuario y de Preservación (Figura 37).

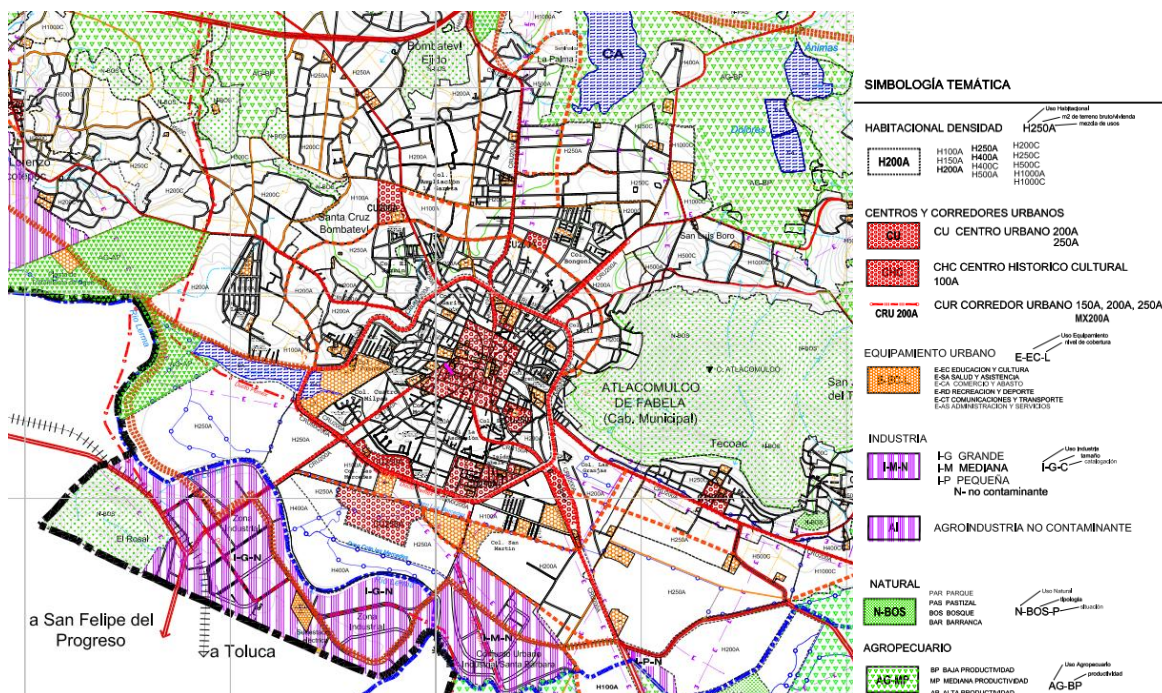


Figura 37 Usos de suelo de Atlacomulco de Fabela
Fuente: Secretaría de Desarrollo Urbano e Infraestructura (2011)

e) Consumo y disponibilidad de agua per cápita

A nivel estatal, el promedio de consumo per cápita de agua para uso doméstico se estima en alrededor de 180 litros por día. En cuanto a la disponibilidad per cápita se sitúa en torno a los 500 000 litros por año; correspondiendo 21.5 litros por persona, lo que coloca a la región en una situación de estrés hídrico considerable (CONAGUA, 2021).

3.2.3 Dimensión física espacial

Este apartado presenta la dimensión física que aborda el análisis de aspectos producto de la intervención humana en el territorio; es decir, los artefactos en los que habita el ser humano. Los mencionados son: área urbana, infraestructura hidráulica, evolución del desarrollo urbano a partir de los planes y desarrollo urbano histórico pluvial.

a) Área urbana

El área urbana es la constituida por zonas edificadas parcial o totalmente, en donde existen al menos servicios de agua potable, drenaje y energía eléctrica. En el caso del municipio de Atlacomulco; esta área se encuentra integrada por Atlacomulco de Fabela (la Cabecera Municipal), y las comunidades de San Luís Boro, La Palma, Ejido de Santa Cruz Bombatevi, Santa Cruz Bombatevi, San Lorenzo Tlacotepec, Colonia Río Lerma, Tecuac, San José del Tunal, Rincón de la Candelaria (Figura 38). Corresponde al 12.45% del total de la superficie municipal.

Presenta una traza de plato roto, donde destacan vialidades que se han convertido en vías estructuradoras, hasta tener cinco ramificaciones importantes. La estructura, ha permitido conformar una vialidad periférica, que presenta deformaciones del este, ya que el cerro Atlacomulco, impide cualquier expansión de la mancha urbana, sin embargo, se ha dado una prolongación de la zona urbana hacia el sur, por la conurbación con la comunidad de Tecuac, asimismo, hacia el norte y noroeste se ha presentado un crecimiento con las comunidades de La Palma y San Luís Boro (H. Ayuntamiento de Atlacomulco, Estado de México, 2011).

La infraestructura actual incluye equipamientos básicos para servicios, aunque existen áreas vulnerables a riesgos naturales que requieren atención (Ver Riesgos y Vulnerabilidad).

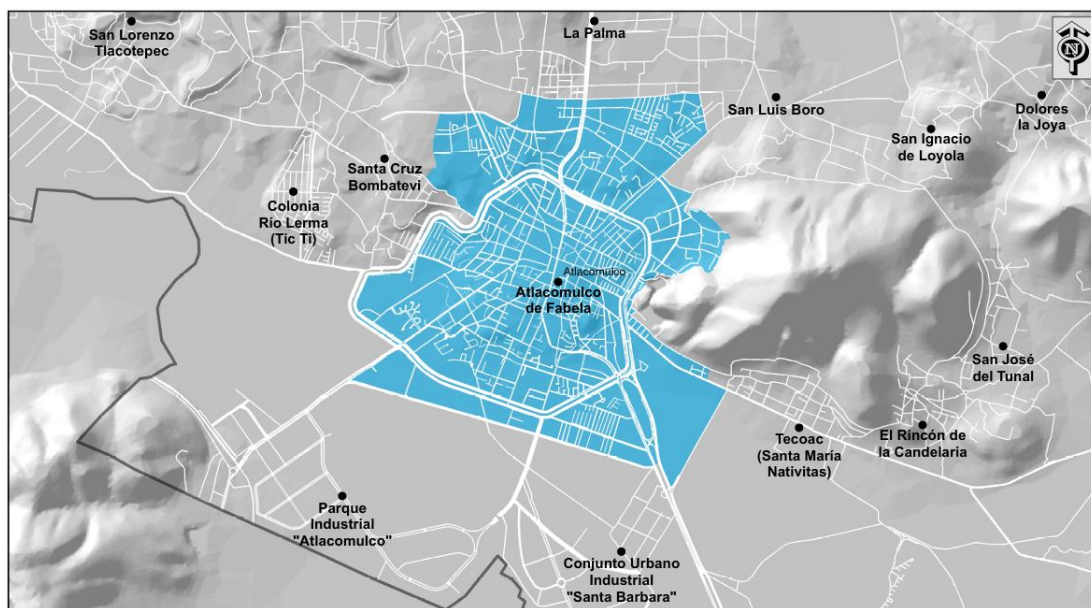


Figura 38 Área urbana de Atlacomulco de Fabela, México
Fuente: Elaboración propia (2024).

b) Infraestructura hidráulica

La introducción de agua a la población de Atlacomulco costó muchos años y esfuerzo. Tiempo en el que ese invirtió en buscar aquí y allá, en realizar pruebas y trámites hasta que se llegó al lugar más cercano y con mayor abundancia del vital líquido (Corral Castañeda, Atlacomulco. Historia de sus servicios públicos, 2021)..

Los esfuerzos se remontan a fines del Siglo XIX cuando se dieron los primeros indicios de conformación de juntas y acuerdos dirigidos a la necesidad de traer agua a la población. Después de varios proyectos para traer el líquido de otras comunidades, para 1918 se plantea la opción de instalar una bomba cerca de las Fuentes; con el fin de tomar agua del pozo para hacer pruebas de bombeo al centro del pueblo, así mismo se obtiene una concesión de un manantial denominado “Las Trojes” y que se encontraba en terrenos de la ex Hacienda de Toxi. (Corral Castañeda, Atlacomulco. Historia de sus servicios públicos, 2021). De esta forma se inició la distribución centralizada y basada en las grandes infraestructuras de líneas de tuberías y la transportación de grandes volúmenes de agua (Corral Castañeda, Atlacomulco. Historia de sus servicios públicos, 2021).

Para 1926 se instrumentó un reglamento que rigiera el servicio de agua potable además de instalarse un tinco que serviría para la distribución del agua a las casas. Es para 1927 que entra en vigor el servicio en Atlacomulco. En 1943 comienzan trabajos de modernización de la red de abastecimiento de agua potable en toda la cabecera, se utiliza tubería de fierro y un tanque de almacenamiento con capacidad de 156 m³ ubicado en el centro de la ciudad (Figura 39 y Figura 40). Para 1961 Atlacomulco contaba con un buen servicio. De 1962 a 1972 se realiza una rehabilitación y ampliación del sistema que consistió en la perforación de un pozo, equipo de bombeo, subestación eléctrica, red conductora, tanque regulador y tubería distribuidora (Corral Castañeda, Atlacomulco. Historia de sus servicios públicos, 2021).



Figura 39 Tanque de almacenamiento en el centro de Atlacomulco de Fabela, sin fecha
 Figura 40 Tanque de almacenamiento en el centro de Atlacomulco de Fabela, años ochenta
 Fuente: Archivo municipal.

En 1974 se sugirió al ayuntamiento de Atlacomulco la municipalización del sistema de agua potable estableciéndose el convenio referente al punto y siendo para 1976 que el funcionamiento del agua potable, administrado por una junta local dependiente de la Secretaría de Recursos Hidráulicos, pasó a ser patrimonio y responsabilidad del ayuntamiento de Atlacomulco (Corral Castañeda, Atlacomulco. Historia de sus servicios públicos, 2021).

En 1983 se crea el Organismo Operador de Agua y Saneamiento de Atlacomulco que se transforma en 1995 en el Organismo Público Descentralizado para la Prestación de Servicios de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento. Hoy en día es el Organismo Descentralizado de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento (O.D.A.P.A.S.) (Corral Castañeda, Atlacomulco. Historia de sus servicios públicos, 2021).

Para los años ochenta la captación de agua potable en Atlacomulco de Fabela se efectuaba mediante una serie de pozos ubicados en el paraje denominado “Las Fuentes”, al poniente del centro de población, disponiéndose de cinco pozos, de los cuales solo dos estaban en operación suministrando directamente a la red de distribución hasta 160 litros por segundo para uso doméstico e industrial, canalizándose las excedencias hacia el tanque metálico elevado del centro de la ciudad. De estos dos pozos se abastecía adicionalmente una aportación de 80 litros por segundo al poblado de Bombatevi y al Parque Industrial (Corral Castañeda, 2006).

Para este momento el nivel de cobertura del servicio abarcaba el 80% del área urbana, sin embargo, el suministro resultaba irregular debido a que el caudal bombeado no alcanzaba a cubrir la demanda generada, además las diferencias topográficas entre el nivel más alto (2 595 msnm) y el más bajo (2 510 msnm) provocaban altas y bajas presiones al bombear en contra lo que repercutía en rupturas en la tubería o bien en escasez de agua en las zonas altas.

Con base en la información proporcionada por la Subdirección General de Infraestructura Hidráulica Urbana, dependiente de la Comisión Nacional del Agua, en relación con la infraestructura de agua potable, con respecto a las fuentes de captación en el municipio existen ocho pozos profundos, dos pozos de la Comisión del Agua del Estado de México (CAEM), una galería filtrante y un manantial.

De la información proporcionada por el O.D.A.P.A.S., se observa que actualmente el municipio posee un déficit del 34.8% respecto de la demanda real, al solo contar con un suministro de 276 litros por segundo (lt/seg), de los cuales 159.3 lt/seg son destinados al uso industrial, en tanto que para la demanda doméstica se establece en 180 lt/seg, con un consumo promedio de 200 litros diarios por persona; sin embargo, solo se cubren 117.2 lt/seg.

Se cuentan con 14 estaciones de bombeo y 12 tanques elevados, con una línea de conducción de 41.19 km y una red de distribución primaria y secundaria de 19.07 km y 246 km respectivamente.

En cuanto a la disposición de los caudales de agua potable, es importante destacar que el Gobierno Estatal aporta 11 lts/seg en tanto que el O.D.A.P.A.S aporta 219 lts/seg que extrae a través de dos pozos profundos, ubicados en El Manantial y abastecen a la cabecera municipal.

Referente a la zona industrial, cabe señalar que ésta tiene un gasto actual de 413 mil m³ por año, tomando en cuenta que se tienen autorizados 560 160 m³ por año. Para el Conjunto Urbano Industrial Santa Bárbara se le ha autorizado un caudal de 340 mil m³.

Las fuentes de abastecimiento por pozos; mostradas en la figura 16, están distribuidas por todo el territorio municipal, concentrándose en la parte centro de este, donde hay más densidad habitacional. La zona industrial cuenta con tres de ellos. La cabecera municipal cuenta con pozos en su parte periférica, concentrándose en el poniente de la mancha urbana. Los tanques distribuidores se ubican en todo el territorio municipal.

En el municipio existen nueve sistemas múltiples de agua potable que benefician a 43 comunidades, lo cual cubre el servicio en un 87.4%. Las fuentes de abastecimiento (Tabla 11) son 10 pozos profundos y un manantial que, por bombeo a 18 tanques de almacenamiento, distribuyen el líquido por gravedad y rebombeo. También se cuenta con 12 sistemas aislados que benefician al 12% de la población.

Fuente de abastecimiento	Ubicación
Pozo San Felipe-Pueblo Nuevo	San Felipe Pueblo Nuevo, Atlacomulco, México
Pozo Tic-ti	Calle río Cutzamala, Colonia Río Lerma, Atlacomulco, México
Pozo Diximoxi	Diximoxi, Atlacomulco, México
Pozo San Lorenzo	Calle La Vega, San Lorenzo Tlacotepec, Atlacomulco, México
Pozo Santa Bárbara	Parque Industrial Santa Bárbara, Atlacomulco, México
No. 501-503 Zona industrial	Zona industrial, Atlacomulco, México
Pozo no. 4 Las Fuentes	Parque recreativo Las Fuentes, Colonia Las Fuentes, Atlacomulco, México
Pozo no. 5 Las Fuentes	Calzada las Fuentes, Colonia las Fuentes, Atlacomulco, México
Pozo no. 5002 CAEM (agua en bloque)	Libramiento Santiago, Santiago Acutzilapan, Atlacomulco, México
Pozo no. 5004 CAEM (agua en bloque)	Libramiento Santiago, Santiago Acutzilapan, Atlacomulco, México
Manantial	Manantial, San Francisco Chalchihuapan, Atlacomulco, México
Galería filtrante	Carretera Santiago, Santiaguito Maxda, Santiago Acutzilapan, Atlacomulco, México

Tabla 11 Fuentes de abastecimiento

Fuente: Elaboración propia S.C.R.M con datos del Plan de desarrollo municipal Atlacomulco 2022-2024 (2023).

De las 16,440 viviendas existentes en el Municipio, el 92.95% (15,281 unidades) cuentan con el servicio de agua entubada en la vivienda; índice semejante al referido en el ámbito estatal. El servicio se brinda a través de estaciones de bombeo y rebombeo con capacidad para suministrar el caudal adecuado de agua y atender las necesidades de los hogares, conjuntos habitacionales, locales comerciales, unidades médicas, escuelas, talleres, fábricas y demás establecimientos o predios.

En cuanto a la captación de agua pluvial; se realizan bordos en las zonas rurales, que sirven para el riego, suministro de agua en las comunidades y para los animales; también se realiza la captación por medio de la presa, que es una de las principales fuentes de abastecimiento.

c) Desarrollo urbano histórico

El primer mapa identificado de Atlacomulco de Fabela corresponde al año de 1924 (Figura 41). En ese momento se observa una estructura urbana determinada por los espacios públicos centrales conformados por el atrio de la iglesia, y el jardín principal (Figura 42). A partir de estos elementos las vialidades fueron conformándose hacia el exterior. Es de notarse el desarrollo de las vialidades en la zona sur del espacio central con respecto a los escurrimientos pluviales (Figura 44). dando lugar a un jagüey (Figura 43) que llegó a ocupar un área de 10,000 m² (Figura 45). Un jagüey se define como un embalse que permite almacenar el agua proveniente de los escurrimientos de las precipitaciones. Están hechos con base en procedimientos locales y comunitarios; por lo que se trata de una tecnología social. Su funcionamiento se basa en el escurrimiento del agua de lluvia, la cual fluye en canales y se acumula superficialmente en un estanque. La técnica se perfecciona con el simple apisonamiento del suelo con materiales que impiden la infiltración (Guzmán Puente, 2017). Como se ha descrito en el apartado anterior; el inicio de la distribución centralizada en la red de agua produjo un cambio drástico omitiendo totalmente estos elementos que se encontraban en la ciudad inicial.

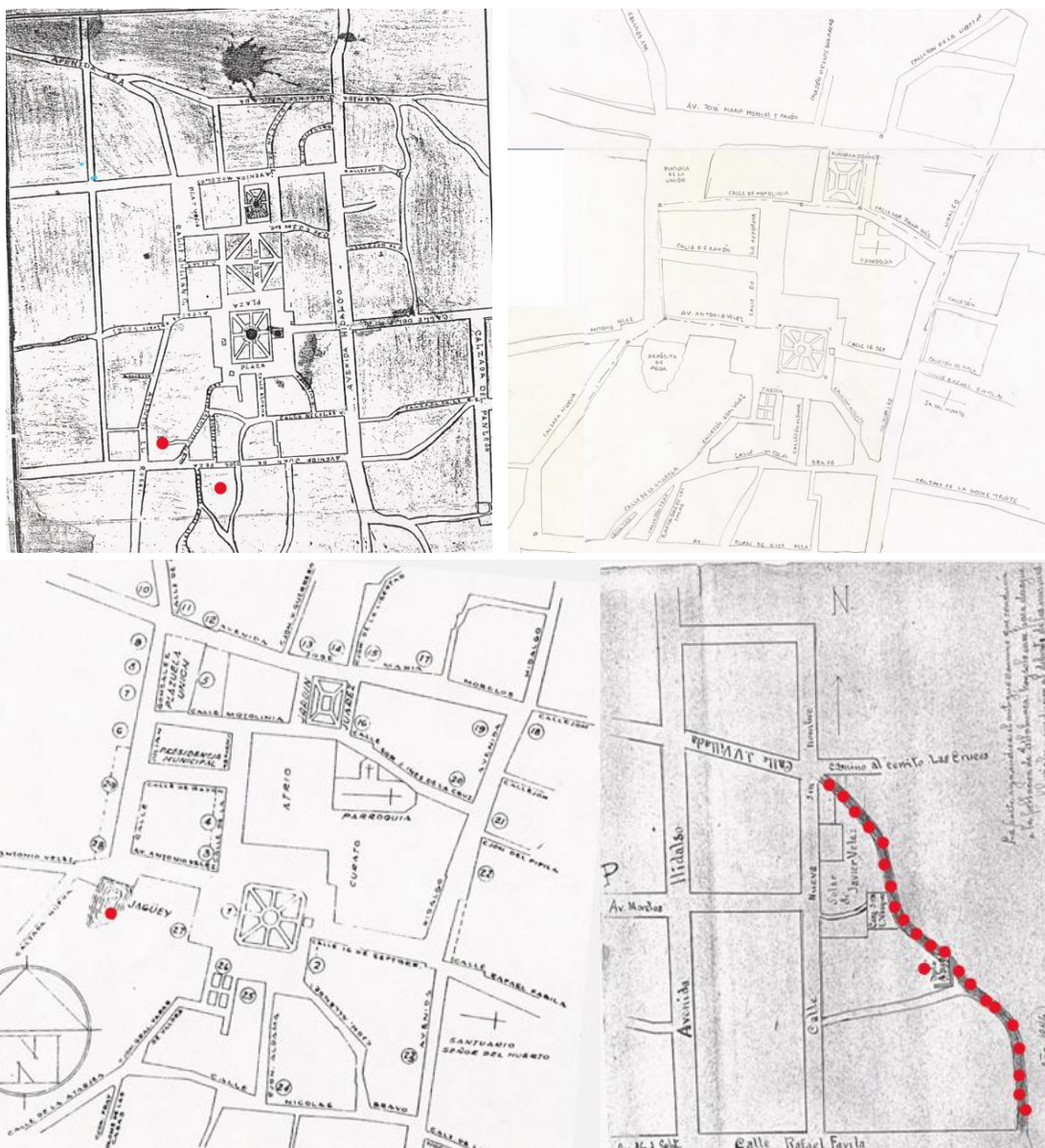


Figura 41 Mapa de Atlacomulco de Fabela, 1924

Figura 42 Mapas de Atlacomulco de Fabela, 1930

Figura 43 Mapa de Atlacomulco de Fabela, 1940

Figura 44 Mapa de Atlacomulco de Fabela, 1946

En rojo se marcan los escurrimientos y jagüeyes existentes.

Fuente: Archivo municipal.

Para la década de los sesenta se observó un crecimiento demográfico que prácticamente triplicó la población; el área urbana se concentraba en la confluencia de los accesos carreteros de Toluca, Morelia, Acambay y El Oro. En la década de los ochenta, se vislumbra una planeación integral de la localidad, definiéndose una vialidad perimetral, el circuito vial Dr. Jorge Jiménez Cantú inaugurado en 1980 (Figura 46); que permitió el ágil vínculo vial desde

los principales accesos carreteros, sin afectación a la estructura urbana, contemplándose un espacio fuera de la mancha urbana, con el fin de concentrar industria manufacturera. Para 1980 se realiza una remodelación de las calles del primer cuadro de la cabecera revistiéndolas con adoquín.



Figura 45 A la derecha de la imagen; el jagüey en el centro de Atlacomulco de Fabela, sin fecha
Fuente: Archivo municipal.

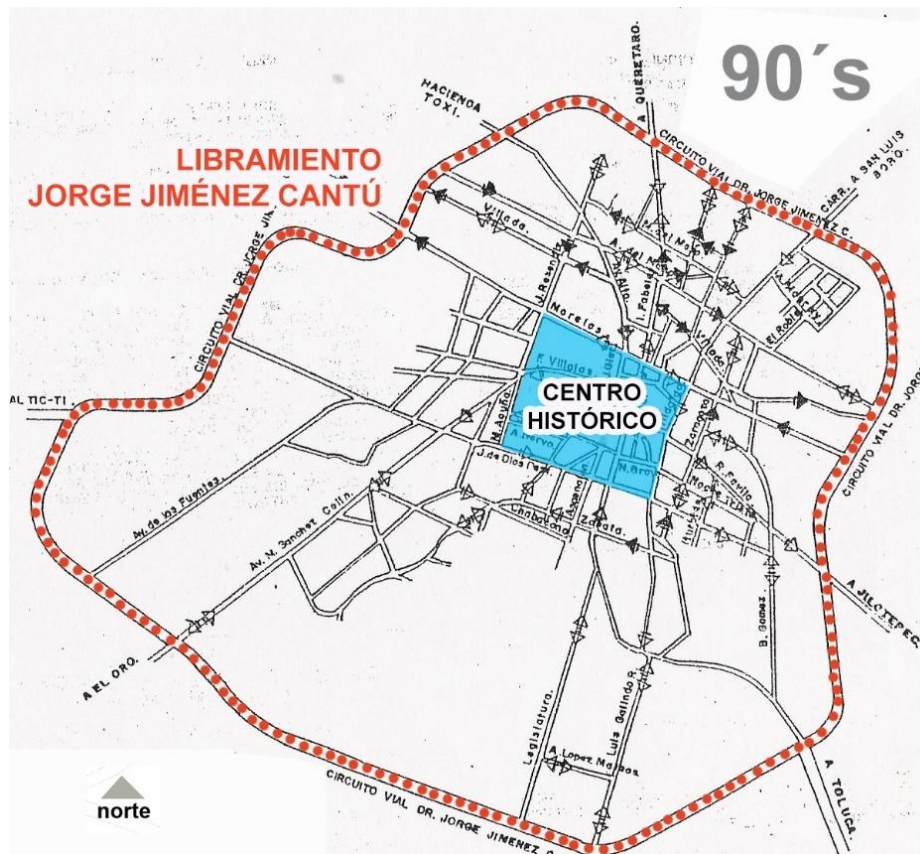


Figura 46 Desarrollo urbano en los años noventa
Fuente: Dominio público con intervención propia.

En 1995, el Censo del INEGI reportó una población de 15,840 habitantes, lo que representó un aumento del 15% en comparación con 1990. Durante este tiempo, se fomentó el fortalecimiento del desarrollo industrial, aprovechando la ubicación estratégica de Atlacomulco, que ofrece ventajas como áreas para expansión, acceso a materia prima y una conexión eficiente con mercados potenciales, entre otros factores. Como resultado, se observó un notable crecimiento en el área urbana, que se expandió principalmente hacia el norte con nuevos desarrollos residenciales, superando el límite establecido por el libramiento. Al sur, el crecimiento estuvo restringido por el Río Lerma y por la consolidación del Parque Industrial, el cual ha sufrido un deterioro significativo en su infraestructura, lo que ha afectado negativamente el crecimiento de la actividad industrial en la zona.

A principios de los años 2000, se evidencia un proceso de consolidación del área urbana dentro del circuito vial Dr. Jorge Jiménez Cantú. Sin embargo, aún hay una gran cantidad de terrenos baldíos, especialmente en la zona sureste. Al mismo tiempo, se inicia un crecimiento hacia el oeste del circuito vial, con una expansión de la mancha urbana hacia el norte de la cabecera municipal, de manera dispersa y sobre terrenos de régimen ejidal y comunal.

Ya en el nuevo siglo; el modelo del crecimiento de Atlacomulco de Fabela se ha tratado de corregir con modelos provenientes de la planeación oficial, pero estos esquemas eran de carácter local y no presentaban el análisis regional del Plan de Desarrollo Urbano Municipal.

3.2.4 Dimensión instrumental

Finalmente, se aborda dimensión instrumental que regula a la ciudad y en la que se describen y analizan los principales instrumentos normativos metodológicos que han definido el camino a seguir en las asignaturas urbana e hídrica.

a) Evolución del desarrollo urbano a partir de los planes

El ordenamiento urbano de Atlacomulco de Fabela inició con el Plan de Centro de Población

Estratégico de Atlacomulco publicado en la gaceta de gobierno número 16 del 26 de enero de 1987. Este plan estuvo marcado por la tendencia del control y ordenamiento de los asentamientos humanos en la cabecera municipal. Éste sentó las bases para los rubros de ordenamiento urbano, tenencia de la tierra y dotación de servicios públicos además de que instrumenta la estrategia de desconcentración poblacional industrial fuera del Valle Cuautitlán Texcoco; propuesta por el Gobierno del Estado de México. Como objetivo central plantea el impulso al centro de población como una ciudad media al noreste de la entidad, de la región centro del país y dentro del sistema urbano nacional al Siglo XX.

Plantea un ordenamiento del área urbana de la cabecera municipal, el Parque industrial, el Rancho Tic-ti y la comunidad de Santa Cruz Bombatevi; de tal forma que mientras la cabecera municipal era sujeta de orden con base en la normatividad para los asentamientos humanos, en las comunidades se daba un crecimiento desordenado.

Este primer plan tenía como estructura una introducción, situación actual y la estrategia general de desarrollo urbano propuesta. Uno de sus ejes principales fue la oferta anticipada de suelo para vivienda y equipamiento, así como la instalación de actividades productivas; servicios, transporte regional y sobre todo el desarrollo de su potencial productivo en actividades industriales, agroindustriales, comerciales y de servicios de cobertura estatal y regional.

En materia de agua menciona la consideración de la capacidad de las fuentes de abastecimiento que permitan cubrir las necesidades futuras de la población reconociendo un déficit del 20% en la cobertura del servicio debido a un suministro irregular.

Definió la necesidad de establecer el límite del centro de población y su zonificación en área urbana, urbanizable y no urbanizable, y consideró que el centro de población de Atlacomulco no presentaba ningún problema en cuanto a su desarrollo urbano a corto o mediano plazo, ya que disponía dentro del área urbana de superficies baldías a consolidar y de nuevas áreas de crecimiento aledañas al libramiento Jorge Jiménez Cantú a incorporar progresivamente en la medida en que se fuera requiriendo. La estructura del momento orientaba el desarrollo

principalmente hacia las partes sur y poniente de esta.

Planteaba una propuesta de estructura urbana para Atlacomulco a partir de los elementos que la han configurado tales como: el centro histórico, el libramiento Dr. Jorge Jiménez Cantú, la vialidad Isidro Fabela, el parque industrial, las vialidades regionales, las áreas de crecimiento urbano y la presa Tic-ti, así como la preservación de áreas que contribuyeran al equilibrio ecológico y ambientación del entorno físico orientándose a la formación de parques, jardines, áreas verdes en vialidades y las restricciones señaladas para la infraestructura hidráulica.

El centro de población fue zonificado en 10 áreas, en las cuales se estipulaba el 30% de área libre en los lotes, salvo en la zona de preservación ecológica que sería del 10%. Así mismo se indicó que el pavimento de las calles, andadores y espacios abiertos debiera tener un tratamiento adecuado en su selección de materiales con el fin de propiciar una ambientación urbana típica prohibiéndose la utilización de asfalto.

Este Plan de Centro de Población estratégico de Atlacomulco se actualizó en el año de 1996, cuando se amplía la zona urbana, incluyendo a las comunidades de San Luís Boro, Tecuac, San José del Tunal, El Rincón de la Candelaria, Bombatevi Ejido, San Lorenzo Tlacotepec; así mismo se incluye una zona industrial nueva. Para este momento Atlacomulco forma parte de la estructura de ciudades del Estado de México, en donde se define como un centro regional que da servicios a otros municipios.

Para el 2004 se publicó el primer Plan Municipal de Desarrollo Urbano en la Gaceta del Gobierno número 107 del 4 de junio de 2004. Éste se estructuraba en: antecedentes y fundamentación jurídica, diagnóstica, prospectiva, políticas, estrategia, catálogo de proyectos, obras y acciones, instrumentación, anexo gráfico, anexo estadístico y metodológico.

Dentro de los objetivos establecidos en este plan del 2004, se menciona la necesidad de detectar las alteraciones al entorno natural (aire, agua y suelo) e incorporar medidas que

garanticen su mitigación y control, el establecer las líneas de crecimiento y ordenamiento urbano en el municipio, garantizando el equilibrio del centro de población con su medio natural. El crecimiento físico-espacial de la zona urbana debe poner especial énfasis en la conservación de los recursos naturales. Las zonas boscosas, las zonas de producción agrícola de alta rentabilidad y las zonas de recarga acuífera deben considerarse estratégicas para el desarrollo sustentable del centro de población. Por lo que resultaba de importancia la definición de acciones concretas capaces de frenar y/o revertir el deterioro del medio natural.

Critica también las tendencias de crecimiento previstas, pues no fueron las desarrolladas; siendo que se incorporaron áreas al área urbana no previstas por el Plan anterior; para esto promueve la ampliación de los usos de suelo urbanos aprovechando las áreas libres intraurbanas existentes, las áreas libres periféricas aledañas y sitios que no cuentan con aptitud para uso agrícola.

En cuanto a agua potable, menciona que en el contexto municipal existía un superávit del 31% respecto de la demanda real, por contar con un suministro de 230 lt/ seg, en tanto que la demanda se establece en 176 lt/ seg. Sin embargo, hace énfasis en la reducción del uso de recursos naturales asegurando un uso razonable respetando la capacidad de carga de los sumideros locales, estableciendo Santuarios de Agua en la entidad para proteger las fuentes más importantes de generación y almacenamiento hidráulico.

Se promueve también la reducción de la vulnerabilidad de los asentamientos humanos ante riesgos y desastres, planteando estrategias y programas específicos para su prevención y atención; entre ellas menciona la captación de agua de lluvia en la zona industrial.

En 2008 se realizó una modificación al Plan Municipal de Desarrollo Urbano no alterando su estructura original que siguió siendo: Antecedentes y Fundamentación Jurídica, Diagnóstico, Prospectiva, Políticas, Estrategia, Catálogo de proyectos, obras y acciones, Instrumentación, Anexo Gráfico, Anexo Estadístico y Metodológico. Este plan tenía como objetivo consolidar al municipio como un Centro de Población con servicios regionales, es decir, un centro que lidera su región y tiene la capacidad de generar actividad económica a

través de la producción de bienes y la oferta de servicios especializados, los cuales pueden ser distribuidos de manera eficiente en su área de influencia, asegurando que todas las políticas e inversiones tengan un efecto multiplicador. Además, buscaba incluir a Atlacomulco en el proyecto de la Ciudad del Bicentenario, en el que el Gobierno del Estado de México, el Gobierno Municipal, y los sectores privado y social trabajarían juntos para transformar a Atlacomulco en una ciudad moderna y sostenible, mediante el uso intensivo de terrenos para la construcción de industria, infraestructura, servicios y viviendas.

Establece la importancia de evaluar la viabilidad del territorio municipal, promoviendo su máximo aprovechamiento para el desarrollo económico, social y natural. También subraya la necesidad de identificar las alteraciones al entorno natural (aire, agua y suelo) para implementar medidas que aseguren su mitigación y control. Se considera fundamental crear reservas territoriales y ecológicas, ajustar las actividades urbanas a las condiciones geográficas, y destinar las tierras de mayor calidad natural o más vulnerables para parques, canales, senderos verdes, corredores visuales o la mejora del microclima. Además, fomenta una combinación de usos del suelo compatibles y la consolidación de "ciudades dentro de la ciudad".

Se observa una tendencia de crecimiento no viable hacia áreas como el Ejido de Santa Cruz Bombatevi, La Palma y la zona norte de San Lorenzo Tlacotepec, donde la mancha urbana se expande hacia terrenos destinados a la producción agrícola y forestal, enfrentándose a una topografía accidentada que dificulta la instalación de servicios públicos. También se identificó un crecimiento inapropiado en la localidad de Tecuac, ya que la expansión continúa hacia las áreas altas del Cerro de las Cruces. Además, en la zona sur de la Cabecera Municipal, en la ribera del Río Lerma, se presenta una expansión poco adecuada, debido a que, además del riesgo latente de inundaciones por dicho río, el área está compuesta por suelos planosol, que son de alta productividad agrícola, lo que hace crucial su conservación.

Asimismo, menciona la necesidad de la conservación de las zonas boscosas y con valor ecológico, las áreas de producción agrícola de alta rentabilidad, las zonas de recarga acuífera, más las áreas de riesgo y aquellas arriba de las cotas que permiten el suministro de agua por

gravedad, deben considerarse estratégicas para el desarrollo sustentable, impidiendo su ocupación.

Finalmente, sumado a estos instrumentos, la actual administración local cuenta con el Plan de Desarrollo Municipal 2022-2024, el cual establece la actualización del Programa de Desarrollo Urbano Municipal para alinear las políticas de vivienda, ordenamiento territorial, ordenamiento ecológico y cambio climático.

Cabe mencionar que este plan está organizado en cuatro pilares: social, económico, territorial y seguridad. En el pilar territorial; en el ámbito de medio ambiente, aborda el tema de agua y saneamiento afirmando que “la situación actual a la que se enfrenta la población mexiquense en materia hídrica está relacionada con la sobreexplotación de los recursos, la degradación de su calidad, así como el incremento de la demanda y los desafíos para la prestación de los servicios de suministro de agua potable y saneamiento” (Ayuntamiento Constitucional de Atlacomulco 2022-2024, 2022, pág. 137). Bajo esta aclaración se afirma la necesidad de un enfoque que incluya la “protección del recurso en términos de cantidad y calidad como el punto de partida para promover el abastecimiento futuro, el desarrollo del estado y la sustentabilidad de los ecosistemas vinculados con el agua” (Ayuntamiento Constitucional de Atlacomulco 2022-2024, 2022, pág. 138).

En este sentido se establecen dos estrategias en relación con la mejora de servicios en materia de agua: i) Fomentar el uso eficiente del agua, la recuperación de pérdidas físicas y el aprovechamiento de fuentes alternas. la línea de acción y ii) Acelerar el combate a la contaminación de los ríos y cuerpos de agua en la región.

Para la primera estrategia se tienen como líneas de acción: i) impulsar campañas de uso eficiente del agua en toda la población, ii) reforzar el mantenimiento de la red de distribución del agua potable, iii) modernizar y adecuar las condiciones de la red de tratamiento de aguas de la región y iv) impulsar mayores oportunidades de captación y uso de agua pluvial.

Conclusiones del Capítulo 3

Respondiendo la pregunta; ¿Atlacomulco de Fabela, Estado de México ha considerado al agua con un elemento en su planeación urbana? Se puede decir que su desarrollo urbano en relación con el recurso hídrico sería una relación históricamente compleja y con una creciente necesidad de integración. Esta desconexión ha generado problemas que afectan la sostenibilidad de la ciudad.

En sus inicios, el desarrollo urbano de Atlacomulco de Fabela consideraba al agua como un elemento central, como lo demuestran los jagüeyes presentes en los primeros mapas de la ciudad. Estos jagüeyes reflejan una comprensión de los ciclos naturales del agua y su importancia para la vida en la ciudad. Su ubicación estratégica en la traza urbana sugiere una planificación que buscaba aprovechar el agua de lluvia para diversos usos, integrándola al desarrollo urbano. Sin embargo, con el paso del tiempo y la influencia de modelos de desarrollo urbano del Siglo XX, el agua se fue relegando a un segundo plano.

La planeación urbana se enfocó en aspectos funcionales y económicos, dejando de lado la importancia del ciclo del agua en el diseño de la ciudad. Los planes de desarrollo urbano, desde el primero en 1987, se han centrado en el control y ordenamiento de los asentamientos humanos, priorizando la expansión urbana y la incorporación de nuevas áreas de crecimiento. Esta desconexión entre la planeación urbana y la gestión del agua ha generado una serie de problemas llevando a Atlacomulco de Fabela a la actual situación de estrés hídrico significativo.

El acuífero Ixtlahuaca-Atlacomulco, del cual depende la ciudad, se encuentra bajo veda rígida debido a que la extracción de agua ha superado su capacidad de recarga. El balance del acuífero muestra un déficit de -89 hm³/año, lo que representa una sobreexplotación del 74.8%. Esta situación condiciona la disponibilidad de agua subterránea a largo plazo.

A su vez; la ciudad se encuentra en una zona vulnerable a inundaciones, especialmente en la época de lluvias. La falta de una planeación urbana que considere los escurrimientos

naturales del agua ha agravado este problema.

Esta sobreexplotación del acuífero y el riesgo de inundaciones evidencian la necesidad urgente de un nuevo modelo de gestión del agua. Hace falta coordinación entre las diferentes instituciones, hacen falta recursos económicos para la operación y mantenimiento de la infraestructura y hacen falta datos precisos sobre la disponibilidad y el consumo de agua. Es evidente que la expansión urbana no planeada en zonas de recarga acuífera y áreas agrícolas compromete la disponibilidad de agua y la sostenibilidad del municipio.

Algunas de las estrategias más notorias que en materia hídrica y urbana se han logrado es el traslado en 1976 de la responsabilidad del manejo del recurso hídrico al ayuntamiento; lo que permitió una mayor autonomía y control local sobre el recurso. También la creación del Organismo Descentralizado de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento (O.D.A.P.A.S.) que se encarga de la operación y administración del sistema de agua potable, alcantarillado y saneamiento en el municipio definió un camino más claro para seguir. De forma algo somera, se ha dado reconocimiento desde los planes de desarrollo urbano del municipio a la importancia del agua y se han llevado a cabo acciones para la gestión sostenible del recurso, incluyendo la protección de zonas de recarga acuífera y la promoción del uso eficiente del agua.

A pesar de la marcada problemática; Atlacomulco de Fabela, cuenta con fortalezas y oportunidades para mejorar la gestión del agua en su desarrollo urbano según su aptitud territorial. Entre las que se destacan:

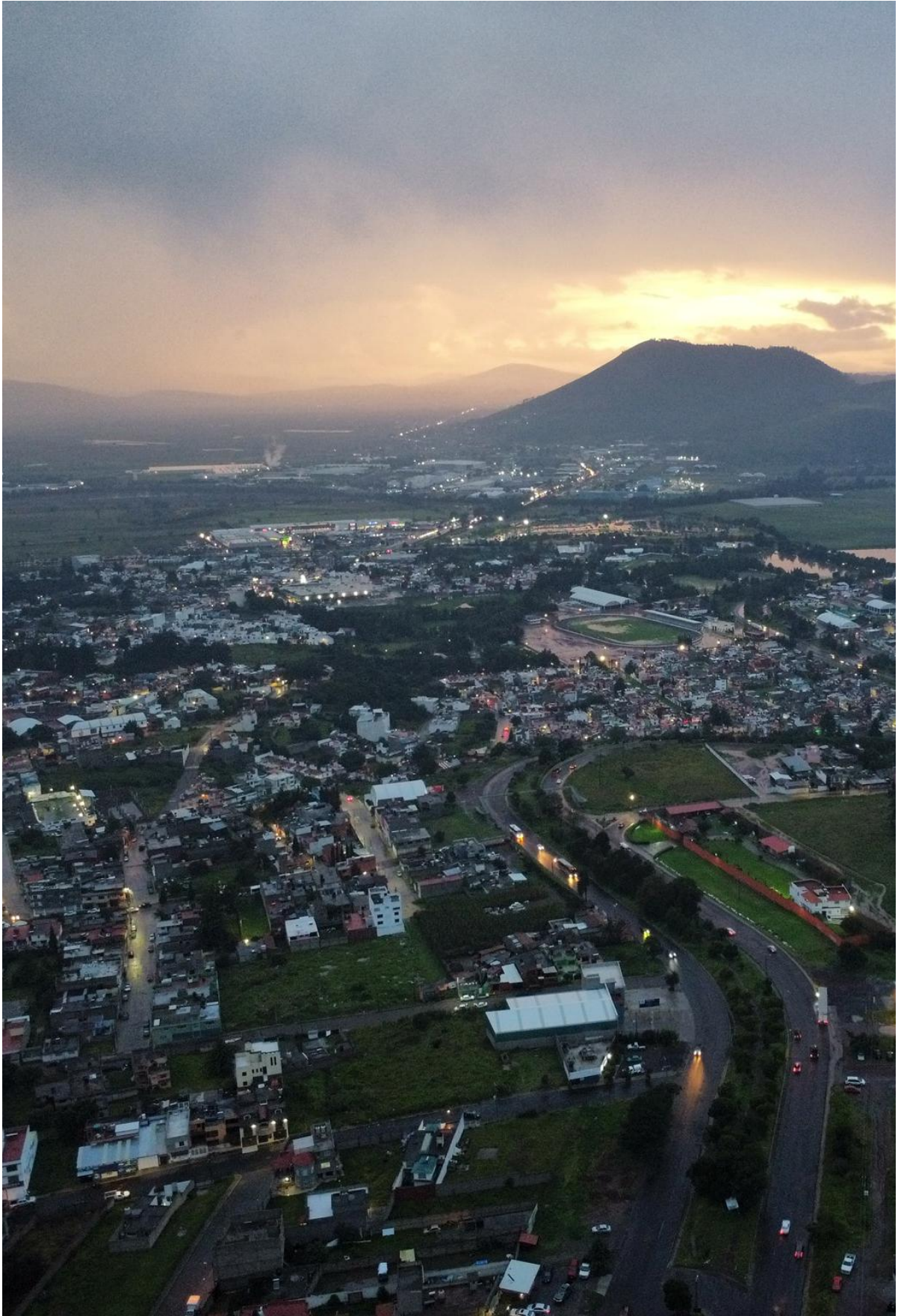
- Ubicación estratégica: se encuentra en una región con una rica hidrografía, incluyendo el Río Lerma, arroyos, presas y manantiales. Esta abundancia de recursos hídricos superficiales ofrece un gran potencial para el suministro de agua.
- Disponibilidad de agua pluvial: la región donde se ubica Atlacomulco de Fabela presenta una precipitación pluvial significativa, lo que representa una fuente potencial de agua si se implementan sistemas de captación y almacenamiento adecuados.
- Existencia de zonas con alto grado de infiltración: se cuentan con zonas con un alto

potencial de infiltración, lo que favorece la recarga de los acuíferos y la reducción de los escurrimientos superficiales.

- Infraestructura hidráulica existente: a lo largo de los años, se ha desarrollado una importante infraestructura hidráulica en el municipio, incluyendo pozos profundos, tanques de almacenamiento, estaciones de bombeo y una extensa red de distribución, que si bien no está en las condiciones óptimas; existe.

En este sentido, la ciudad podría percibirse como segura, atractiva, ordenada, con respeto al medio ambiente y a su historia y cultura, gobernable, competitiva, eficiente en su funcionamiento y desarrollo, de manera que las futuras generaciones puedan disfrutar de; al menos, los mismos bienes y servicios que se encuentran en el presente (PNUD, 2014).

Atlacomulco de Fabela enfrenta desafíos significativos en la gestión del agua. Por lo que es fundamental abordar la sobreexplotación del acuífero, las deficiencias en la gestión para garantizar la sostenibilidad del recurso hídrico a largo plazo, los problemas de tecnología y cobertura y su integración con el desarrollo urbano.



Capítulo 4. Diseño metodológico para la investigación y el objeto de estudio

El cuarto capítulo responde a la pregunta ¿Cómo debe ser la planeación hídrica pluvial para un Desarrollo Urbano Inteligente Sensible al Agua? Por lo que tiene como objetivo proponer las dimensiones, subdimensiones, indicadores e índices de la planeación urbana hídrica pluvial para que sean el insumo del modelo de Desarrollo Urbano Inteligente Sensible al Agua.

Mediante la operacionalización de variables que consiste en la desintegración de los elementos que conforman la estructura de las preguntas y objetivos; en dimensiones, subdimensiones, indicadores e índices, se posibilita la observación directa y la medición en este caso del modelo. A través de la operacionalización se precisan los aspectos y elementos que se quieren cualificar, conocer y registrar con el fin de llegar a conclusiones.

Para este fin; se presenta el tipo de investigación, las fases de investigación, los fundamentos teóricos y metodológicos, la operacionalización de variables, los actores clave, técnicas e instrumentos cualitativos y la descripción de los dos procesos de análisis de la información cualitativa aplicados; la superposición de capas y el análisis del discurso.

4.1 Tipo de investigación

Según su nivel de profundización, la presente es una investigación de tipo explicativa al tener como fin establecer relaciones de causa y efecto, así como consecuencia de un fenómeno en específico, con una inferencia tipo inductiva al buscar generar conocimiento a partir de la recolección de datos específicos y con empleo de datos cualitativos.

Al ser una investigación cualitativa y de comprensión no se presenta hipótesis, pues se irá generando a lo largo del trabajo (hipótesis de trabajo) siendo ésta un resultado durante el proceso (Sampieri, 2014, pág. 365) bajo la lógica del descubrimiento.}

4.2. Fases de investigación

Para el desarrollo de esta investigación se proponen siete fases, las cuales son (Figura 47):

1. Recopilación de información sobre variables de investigación y desarrollo del marco teórico
 - Búsqueda y recolección de datos y fuentes de información primarias y secundarias sobre las variables de la investigación (planeación urbana, agua, ciudad inteligente).
 - Análisis y procesamiento de información mediante la hermenéutica crítica con el fin de discernir patrones de relación o correspondencias entre las variables de la investigación (planeación urbana, agua, ciudad inteligente).
 - Discutir e interrelacionar las variables de investigación a partir del análisis y procesamiento producto de la recolección de datos.
2. Desarrollo del marco normativo
 - Revisión y análisis de los principales instrumentos normativos de la planeación urbana y la planeación hídrica en México
 - Identificación de principios que guían las estrategias aplicadas en el desarrollo urbano
3. Estudio de caso
 - Caracterización del caso de estudio en las dimensiones natural, social, física e instrumental; mediante el método histórico comparativo y a través de planos urbanos, planes de desarrollo urbano e hídrico y fuentes estadísticas oficiales.
4. Propuesta de dimensiones, subdimensiones, indicadores e índices
 - Aplicación de instrumentos cualitativos a los actores identificados: sector público, ciudadanía, academia, sector privado y organizaciones de la sociedad civil para la obtención de información que permitan definir las variables, dimensiones, indicadores, índices y escalas de la planeación hídrica pluvial
 - Definición de variables, dimensiones, indicadores, índices y escalas de la planeación hídrica pluvial
5. Diseño de lineamientos para el modelo
 - Procesamiento y análisis de las características del caso de estudio mediante la superposición de capas para definir su perfil y generar mapas explicativos.
 - Procesamiento y análisis de los datos cualitativos mediante el análisis del discurso

para reforzar o incluir indicadores para la caracterización del modelo

- Integrar, sintetizar y determinar las prioridades y características del caso para la propuesta de modelo

6. Desarrollo del modelo

- Integrar, sintetizar y determinar las prioridades y características del caso para la propuesta de modelo y sus ejes, estrategias, líneas de acción y actores mediante la hermenéutica crítica.
- Construir un modelo basado en las conclusiones teóricas y del estudio del caso

7. Conclusiones y recomendaciones

- Determinar las cualidades y limitantes, así como las recomendaciones obtenidas del caso de estudio y la propuesta del modelo

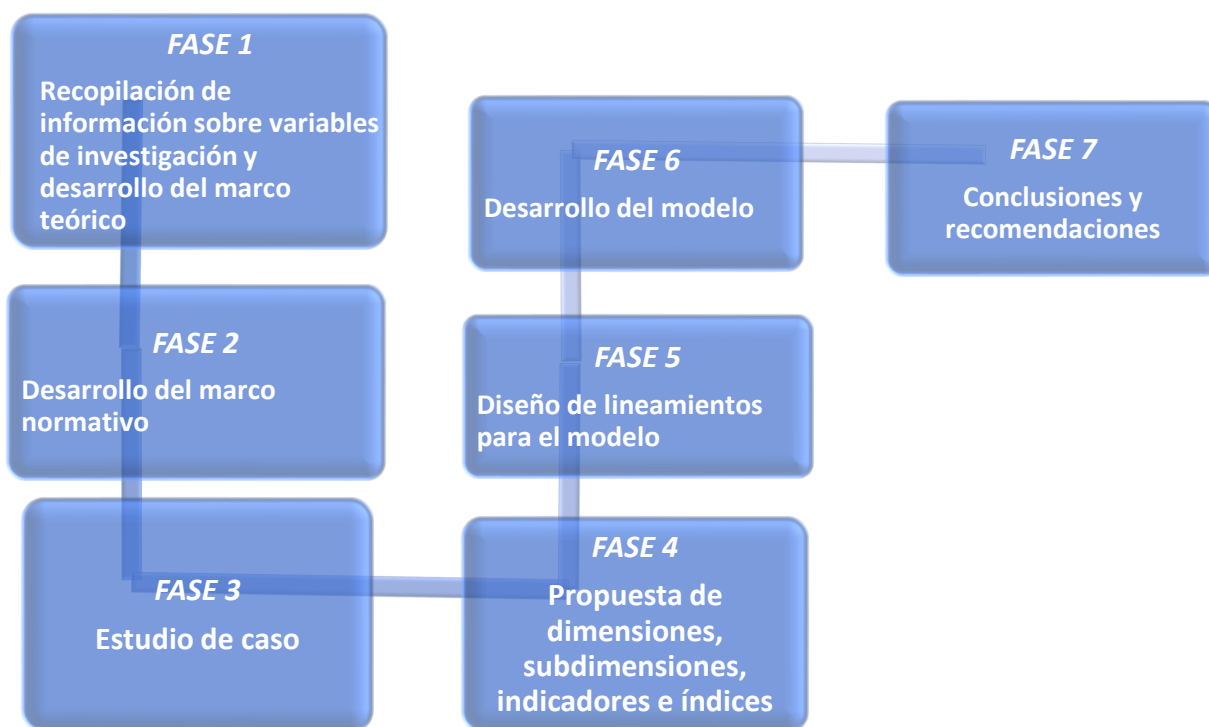


Figura 47 Fases de investigación
Fuente: Elaboración propia S.C.R.M (2022).

4.3 Fundamentos teóricos y metodológicos

De forma general, la investigación se desarrolla con el método de la teoría fundamentada. Las fases uno, cuatro, cinco, seis y siete se desarrollan mediante la hermenéutica crítica para

la reflexión; en la fase uno sobre la teoría de la planeación urbana del Siglo XX en América Latina y; particularmente en México y Estado de México, mediante fuentes primarias y secundarias para contrastar y relacionar las variables y llegar a conclusiones epistemológicas sobre la planeación urbana con relación al recurso agua. Se hace uso de esquemas de relación como líneas de tiempo y diagramas de Venn. En las fases cuatro, cinco, seis y siete la reflexión es sobre los componentes de la planeación urbana hídrica pluvial y la construcción del modelo de Desarrollo Urbano Inteligente Sensible al Agua.

Las fases dos y tres se desarrollan mediante el método histórico comparativo para, primero, analizar los instrumentos normativos de la planeación urbana y la planeación hídrica en México; y posterior, comprender los criterios que han determinado la planeación urbana del caso de estudio, es decir, caracterizarlo; especialmente en relación con el recurso agua, esto mediante el análisis de su desarrollo urbano a partir del primer plano urbano que se tiene del Siglo XX (1927) hasta la ciudad actual del Siglo XXI (2023) en contraste con los instrumentos aplicados en este mismo periodo (1987, 1996, 2004 y 2008) y con las metodologías utilizadas para los mismos (1981, 2017, 2020, 2022 y 2023).



Figura 48 Polígono de estudio en Atlacomulco de Fabela, México
Fuente: Google earth con intervención propia S.C.R.M (2022).

En cuanto al caso de estudio; Atlacomulco de Fabela, México, el análisis se centra en el área urbana circunscrita por el Circuito vial Jorge Jiménez Cantú, cuya construcción (1980) coincide con el crecimiento demográfico y el establecimiento de la zona industrial (Figura 48 y Figura 49) y que reúne las 18 colonias que conforman la cabecera municipal.

Posterior a la caracterización y análisis del caso de estudio; así como la operacionalización de variables y el trabajo de campo (entrevistas semi estructuradas y grupos focales), se construye el modelo de Desarrollo Urbano Inteligente Sensible al Agua (DUISA) para Atlacomulco de Fabela, Estado de México.



Figura 49 18 colonias de Atlacomulco de Fabela, México

Fuente: Ayuntamiento de Atlacomulco 2022-2024 Dirección de Desarrollo Urbano (2023)

4.3.1 Teoría fundamentada

La teoría fundamentada (TF) es un método de investigación cualitativo que enfatiza la inducción para establecer una teoría o modelo (Palacios Rodríguez, 2021); lo cual es el objetivo de la presente tesis. Surge como producto de un estudio realizado a moribundos en hospitales que publicaron los sociólogos Barney Glaser y Anselm Strauss en 1965 con el título *Awareness of dying* (Espriella & Restrepo, 2020) con la intención de desarrollar estrategias metodológicas para el análisis de datos para producir teorías o modelos en lugar de comprobar o verificar teorías o modelos existentes (teorización). De esta manera, la teoría o modelo son concebidos como un proceso, algo que se desarrolla; más que un producto finalizado (Palacios Rodríguez, 2021).

Se posiciona a partir de entonces como un medio para aquellos temas que han sido escasamente abordados y que, en consecuencia, no se disponen de teorías formales o sustanciales, o que requieren una visión más fresca. Reacciona al positivismo extremo que existía en la mayor parte de la investigación social bajo el principio de que la verdad científica resulta del acto de la observación y de los consensos emergentes en una comunidad de observadores de acuerdo con el sentido que ellos le dan a lo observado. En otras palabras, "la realidad empírica es vista como una interpretación en curso de significaciones producidas por los individuos insertos en un proyecto común de observación" (Sudabby, 2006).

La TF es un método de recolección y análisis de datos, inicia con una búsqueda inductiva. Su base es el análisis comparativo y la interacción de contenidos referentes a los temas fundamentales con lo que se notan las diferencias y las similitudes de los datos; lo que finalmente conduce a la derivación de categorías teóricas que pueden ayudar a comprender el fenómeno en estudio (Glaser & Strauss, 1967; Glaser, 1992), es decir, se basa en la codificación y categorización de datos; lo que permite identificar patrones entre ellos. "El conocimiento radica en los datos y emerge de ellos" (Espriella & Restrepo, 2020, pág. 128).

Si bien, la TF propone un proceso, se reconoce su flexibilidad (Palacios Rodríguez, 2021). El proceso de este método inicia con la transcripción de los datos, se escriben memorandos o breves escritos, para posteriormente realizar una codificación abierta o general. De estos códigos surgen categorías y de éstas, temas que finalmente desembocan en una teoría o

modelo explicativo (Figura 50).

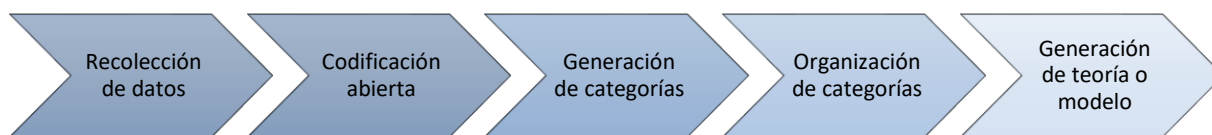


Figura 50 Proceso de la Teoría Fundamentada

Fuente: Elaboración propia S.C.R.M (2023) con base en (Espriella & Restrepo, 2020)

El proceso de codificación es básico en el proceso de la TF y supone una lectura exhaustiva y la identificación de temas, clases y categorías para identificar subtemas importantes. “La descripción se concibe como la base para la interpretación de los datos y por ende para la construcción de la teoría” (Palacios Rodríguez, 2021, pág. 59). Es importante la coherencia y profundidad en la codificación la cual puede desarrollarse en las siguientes etapas (Espriella & Restrepo, 2020) que finalizaran con la propuesta de teoría o modelo (Figura 51):

- Codificación abierta: es encontrar categorías conceptuales en los datos. La codificación abierta es resultado del examen profundo y minucioso de los datos para identificar los significados que el texto contiene. Los datos son segmentados, examinados y comparados en términos de sus similitudes y diferencias. Los resultados de estas acciones se registran en memos (anotaciones) que acompañen a cada código (San Martín Cantero, 2014). Se distinguen dos tipos de códigos; los abiertos o deductivos que conceptualizan el fenómeno mediante la interpretación del investigador, y los *in vivo* o inductivos; que son frases literales expresadas por los participantes. Se entiende al código como una etiqueta descriptiva que los investigadores crean y que se aplica a un fragmento de datos para darles sentido y representar un tema, patrón o concepto. Pueden ser palabras, frases o párrafos. Al comparar estos códigos respecto de sus propiedades, dimensiones y significados, se obtiene una clasificación de segundo grado llamada categoría (categorización); obteniendo un resumen de conceptos en conceptos genéricos (San Martín Cantero, 2014). Strauss y Corbin (2002) mencionados por San Martín consideran que “una categoría representa un fenómeno, o sea, un problema, un asunto, un acontecimiento o un suceso que se define como significativo para los entrevistados” (San Martín

Cantero, 2014, pág. 111). Las categorías se crean a partir de la agrupación de códigos que comparten similitudes y los organizan en grupos más grandes y abstractos.

- Codificación axial: tiene como objetivo entoncrar relaciones entre las categorías obtenidas en la codificación abierta. Las relaciones están determinadas por las propiedades y dimensiones con las que se quieren relacionar y se expresan en “hipótesis que explican el qué, por qué, dónde y cómo de un fenómeno” (San Martín Cantero, 2014, pág. 111). Para este nivel el análisis puede complejizarse por lo que se recomienda el trabajo con diagramas explicativos.
- Codificación selectiva: da cuenta de las relaciones y encuentra categorías centrales. Su nivel de abstracción es mayor pues tiene como propósito la obtención de la categoría central que exprese el fenómeno de investigación e integre lo obtenido de las dos anteriores codificaciones. Una categoría central, según Strauss y Cobin (2002) citados por San Martín, “consiste en todos los productos del análisis, condensados en unas cuantas palabras que parecen explicarnos de que trata la investigación” (San Martín Cantero, 2014, pág. 112).



Figura 51 Etapas del proceso de la Teoría Fundamentada

Fuente: Elaboración propia S.C.R.M (2023) con base en (Espriella & Restrepo, 2020)

Esta codificación depende mucho del ordenamiento, el cual “se refiere a la organización o clasificación de los datos en las categorías según sus propiedades y dimensiones” (Palacios Rodríguez, 2021, pág. 59).

El ciclo continuo de recolección y análisis de los datos propios de la TF que tiene como mecanismos la recolección concurrente de datos, el análisis comparativo y los memorandos; caracterizan a la TF como promotora de investigaciones de calidad. Sin embargo; tiene implícita una dependencia al análisis riguroso que requiere tiempo y esfuerzo para sacar el mayor provecho y la mejor descripción que lleve a la teoría o modelo buscados.

En la TF el trabajo de campo tiene un papel importante ya que mediante este se pueden comprobar las relaciones entre las categorías y sus propiedades. De inicio pueden ser que estas relaciones no tengan un sentido, pero a medida que se van afirmando las categorías se van fortaleciendo y generando un marco central a partir del cual surgirá el núcleo de la teoría o modelo (Palacios Rodríguez, 2021).

Kathy Charmaz citada en (Palacios Rodríguez, 2021), contemporiza posicionando la propuesta de la TF en un plano interpretativo y desde una visión constructivista, dando importancia al contexto (social, cultural e histórico) del cual surgen los datos. Percibe la realidad como fluida e indeterminada por lo que el conocimiento es interpretado a partir del discurso en que son socialmente construidos por lo que basa el estudio de los fenómenos; y por tanto su interpretación, a partir de las experiencias compartidas entre el investigador, los participantes y los datos.

4.3.2 La hermenéutica crítica

El método de la hermenéutica crítica (HC) plantea el entendimiento mediante la interpretación del pasado para comprender el presente y planear el futuro, su intención es alcanzar una interpretación más amplia y profunda de la realidad del hombre, abriendo así la posibilidad de asumir la transformación de lo comprendido como un momento necesariamente complementario al estrictamente conceptual (Ricoeur, 1985).

La relación hermenéutica y crítica está planeada bajo expresión de Hermenéutica de la sospecha (HS) por Ricoeur; este autor reproduce la mencionada idea en relación por un lado con el psicoanálisis freudiano al reconocer la importancia del análisis reflexivo de los pensamientos para su interpretación (psicología comprensiva) (Aguilar Rivero, 1998), la genealogía Nietzscheana que implica rastrear el desarrollo histórico de ideas, valores e instituciones y la crítica radical marxista que implica investigar las estructuras económicas y de clase que pueden influir en el texto (AI, ChatGPT de OpenAI, 2023). La hermenéutica de la sospecha implica adoptar una postura crítica hacia el significado aparente de un texto y explorar los significados subyacentes u ocultos que puedan estar camuflados.

En cuanto la interpretación, considera Freud, que se da a partir de claves que parten de símbolos como lenguaje; sin embargo, Ricoeur evoluciona la idea afirmando que los símbolos no tienen un significado fijo; sino que se ven influidos por dimensiones sociales, psicológicas e históricas que producen nuevas significaciones. Define la posibilidad de la doble lectura “regresiva y progresiva” del símbolo” (Aguilar Rivero, 1998, pág. 67) y la pluralidad de interpretaciones. Otro autor, Heidegger, mostró que la interpretación no es una actividad aislada de los humanos, sino la base de la experiencia de la vida (Gadamer, 1960).

Las pretensiones de la HC no claudican en la sola comprensión conceptual de la realidad contemporánea, sino que, por el contrario, se orientan a desarrollar, a partir de ello, una conciencia crítica, una actitud contestataria y una voluntad de superación que permita lograr transformaciones significativas en la existencia individual y social de la colectividad (Bauman, 1980). Ricoeur afirma que la HS tiene como objetivo decodificar los significados que están disfrazados (Academia Lab, 2023).

El proceso de la hermenéutica de la sospecha de Paul Ricoeur implica una serie de pasos (AI, ChatGPT de OpenAI , 2023) (Figura 52):

- Identificación de la superficie del texto: partir del texto tal como se presenta en su superficie. Esto implica comprender el significado evidente, literal o aparente del texto.
- Aplicación de la crítica marxista: examinar las relaciones económicas y de clase que pueden subyacer en el texto para identificar cómo las estructuras sociales y económicas pueden influir en la creación y la interpretación del texto.
- Aplicación del psicoanálisis freudiano: indagar en los posibles motivos que podrían estar presentes en el texto, esto es ir más allá de la manifestación consciente del contenido para explorar las capas más profundas expresadas en el texto.
- Aplicación de la genealogía nietzscheana: examinar la evolución histórica de ideas, valores y conceptos presentes en el texto para comprender cómo ciertos conceptos han llegado a ser lo que son a lo largo del tiempo, revelando así sus orígenes y transformaciones.

- Síntesis hermenéutica: integrar las interpretaciones obtenidas para obtener una comprensión más completa y enriquecida del texto.
- Revalorización del significado: sin invalidar el significado superficial del texto se revaloriza a la luz de las capas más profundas descubiertas. Se trata de enriquecer la interpretación, considerando múltiples dimensiones y perspectivas.



Figura 52 Pasos del proceso de la Hermenéutica de la sospecha

Fuente: Elaboración propia S.C.R.M (2023) con base en (AI, ChatGPT de OpenAI , 2023)

4.3.3 La historia comparada

La historia comparada (HCO) es un método que toma como punto de partida la comparación para establecer la semejanza entre fenómenos e inferir de ello una conclusión acerca de su origen común, es decir, analizar eventos del pasado y su relación con los del presente bajo la lente de los tiempos y lugares. Este método permite la construcción de descripciones detalladas acerca del fenómeno estudiado.

Maier considera a la HCO “una forma de trabajo venerable” (Maier, 1992, pág. 11) que no fue sino hasta la segunda mitad del Siglo XX que se posicionó como una actividad reconocida en la producción de conocimiento destacando la postura de Max Weber.

Weber mantuvo la explicación hermenéutica, pero trato de quitar las implicaciones místicas para establecerla como fundamento de explicación científica en las ciencias sociales. Según su punto de vista; “la racionalización o secularización del mundo era un proceso imparable” (Maier, 1992, pág. 13) y consideró que el carácter de las generalizaciones que los historiadores o científicos sociales llevaban a cabo no podían aplicar a las ciencias de la naturaleza por lo era necesario generar una perspectiva que seleccionara las características relevantes del comportamiento social en una concreta situación histórica de forma que fuera capaz de hacer posible el contraste tipológico. Para esto definió el constructo de *tipos ideales*;

los cuales no eran inseparables de la historia y además tenían que ver con los intereses del estudioso.

Este método implica la individualización de formaciones sociales o políticas semejantes en diferentes estados nacionales o en diferentes culturas, es decir, aspectos comunes en diferentes ambientes; aunque también es posible se centre sobre elementos diferentes de la misma sociedad desde algún punto de vista. Según Weber el proceso para el desarrollo de la historia comparada sería basado en los siguientes pasos (AI, ChatGPT de OpenAI , 2023) (Figura 53):

- Selección de casos: selección cuidadosa de casos o unidades de análisis. Estos pueden ser sociedades, instituciones, períodos históricos o cualquier otro fenómeno que sea relevante para la investigación.
- Identificación de variables significativas: identificar cuidadosamente las variables significativas que podrían influir en las diferencias y similitudes entre los casos seleccionados. Estas variables pueden incluir aspectos culturales, económicos, políticos y sociales.
- Contextualización histórica: contextualizar históricamente cada caso comprendiendo el contexto temporal y cultural de cada sociedad o entidad estudiada para interpretar adecuadamente las variables y sus interrelaciones.
- Comprensión de la acción social: en lugar de simplemente observar fenómenos externos; comprender la acción y la motivación detrás de esos fenómenos. Esto implica analizar cómo los individuos y grupos dan significado a sus acciones.
- Análisis de tipos ideales: identificar los modelos conceptuales simplificados que ayuden a comprender las características esenciales de la sociedad o fenómeno. Son abstracciones que permiten resaltar patrones significativos.
- Comparación analítica: es el corazón del método de Weber. Se trata de analizar las similitudes y diferencias entre los casos seleccionados para identificar patrones, causalidades y relaciones.
- Interpretación cultural: entender cómo los valores, creencias y significados culturales influyen en la configuración de las instituciones y prácticas sociales.

- Conclusiones y generalizaciones cautelosas: derivar conclusiones y generalizaciones cautelosas dado que cada caso puede tener sus propias peculiaridades históricas y culturales.

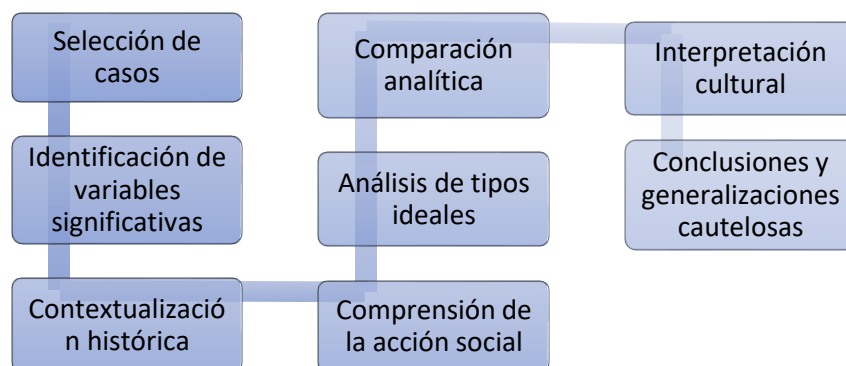


Figura 53 Pasos del proceso de la Historia comparada

Fuente: Elaboración propia S.C.R.M (2023) con base en (AI, ChatGPT de OpenAI , 2023)

4.4 Operacionalización de variables

Para la fase de investigación 3 “Propuesta de dimensiones, subdimensiones, indicadores e índices”; en cuanto al punto “Definición de variables, dimensiones, indicadores, índices y escalas de la planeación hídrica pluvial”; se presenta un diagrama (Figura 54) producto del análisis teórico, normativo y de las propuestas de modelos e indicadores de autores como Ceballos Ceballos (2021) y Bermejo Martín (2021), en el que se establece el plan, la escala y la tecnología como los ejes fundamentales del modelo; así como las dimensiones y subdimensiones resultado de la operacionalización realizada (Ver anexo 13).

Este diagrama refleja los componentes básicos importantes en el cambio de paradigma y sobre los cuales el modelo propuesto se basa.

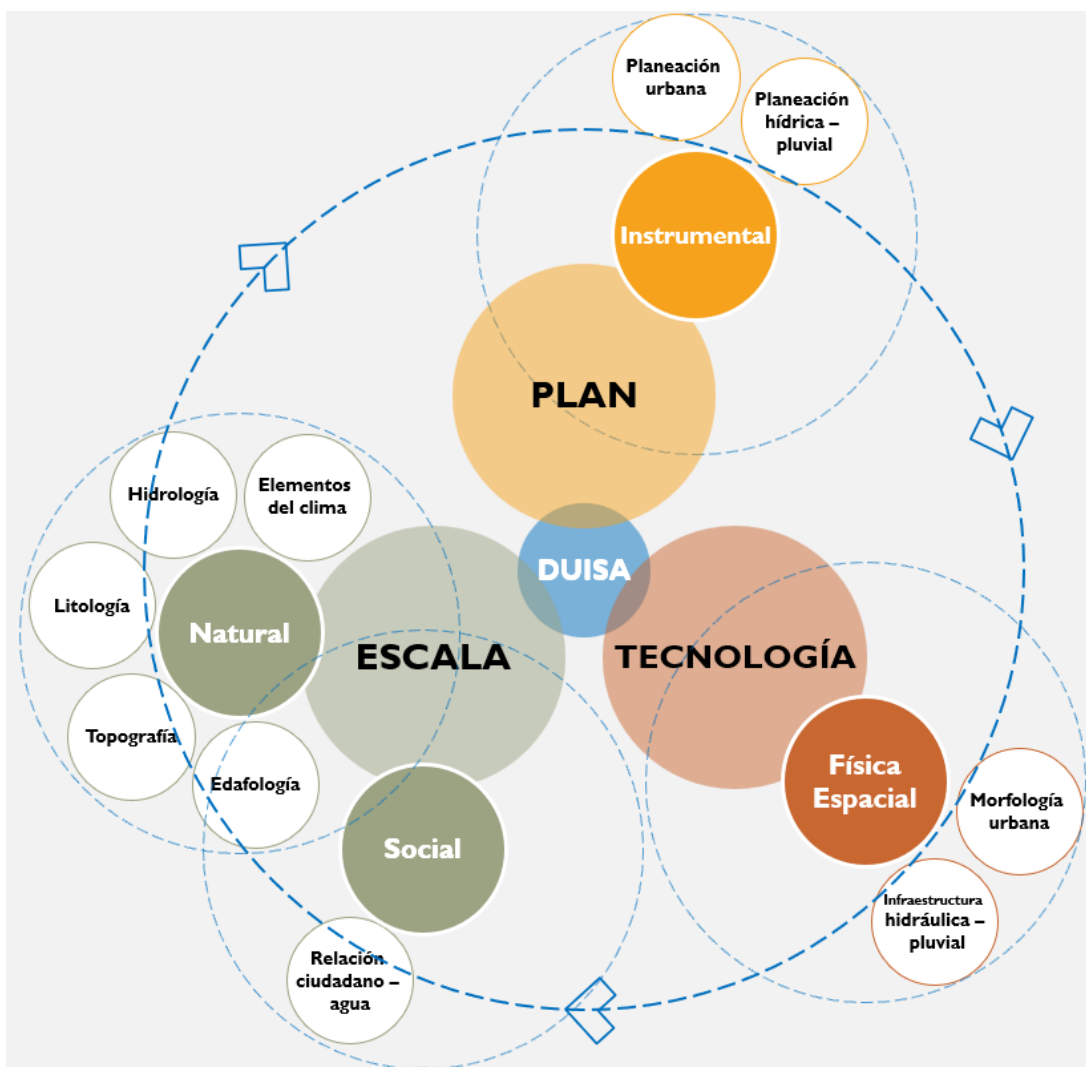


Figura 54 Diagrama de fundamentos, dimensiones y subdimensiones para un Desarrollo Urbano Inteligente Sensible al Agua (DUISA)
Fuente: Elaboración propia S.C.R.M (2024).

Esta propuesta de modelo de ciudad se denomina en esta investigación como Desarrollo Urbano Inteligente y Sensible al Agua (DUISA); el cual se define como el conjunto de indicadores naturales, físicos, instrumentales y sociales encaminados al ordenamiento de la ciudad intermedia desde la perspectiva de la planeación urbana hídrica pluvial; basada en los principios de: integrar el ciclo del agua (precipitación, escorrentía e infiltración) e incorporar tecnología de forma progresiva.

Sin embargo, como menciona Tranos, Gertner (2013); es necesario definir criterios uniformes que permitan diferenciar una ciudad inteligente de otra menos inteligente y, por lo

tanto, una inteligente sensible al agua de una no inteligente sensible al agua. Para lograr esta evaluación del estatus actual de la ciudad con respecto a su inteligencia y sensibilidad al agua se desarrolla la matriz¹⁰ de evaluación, que a su vez develará las estrategias; a nivel local, a largo plazo y de cualidad escalable, que conformaran el modelo para una planeación y desarrollo urbanos bajo decisiones más pertinentes.

(Torres, Galarza-Molina, & Molina-Prieto, 2019), subrayan la necesidad de que los nuevos enfoques para una ciudad sensible al agua sean sostenibles a largo plazo, considerando las características y dinámicas particulares de la ciudad, así como su vulnerabilidad. A partir de las limitaciones y oportunidades de la ciudad, sugieren cuatro áreas clave que deben ser abordadas para comenzar la transición hacia este modelo. Estas dimensiones son: natural, material, humana y normativa. Para efectos de esta tesis se nombran: i) natural, ii) física espacial, iii) social e iv) instrumental (Figura 54 y Figura 55).

La dimensión natural, engloba las cualidades del medio físico natural que favorecen la sensibilidad al agua permitiendo o favoreciendo la infiltración y reduciendo la escorrentía, la dimensión física; contempla los aspectos producto de la intervención humana con relación al agua en el territorio, la dimensión social; considera la relación ciudadano-agua-tecnología; y la dimensión instrumental lo relativo a la planeación urbana y planeación hídrica-pluvial.

Cada dimensión se desglosa en subdimensiones, las cuales a su vez se desglosa en indicadores y finalmente en índices que se valoran mediante una escala categórica ordinal de tipo cualitativo cuya finalidad es determinar el nivel de inteligencia y sensibilidad al agua de la ciudad de interés, así como las estrategias y fases para el modelo.

La dimensión natural integra cinco subdimensiones (Figura 56 y Figura 57): i) edafología, ii) topografía, iii) litología, iv) hidrología y v) elementos del clima.

¹⁰ Una matriz se conceptualiza como un conjunto bidimensional de símbolos distribuidos de forma rectangular, en líneas verticales y horizontales, de manera que sus elementos se organizan en filas y columnas (FERROVIAL, 2024)

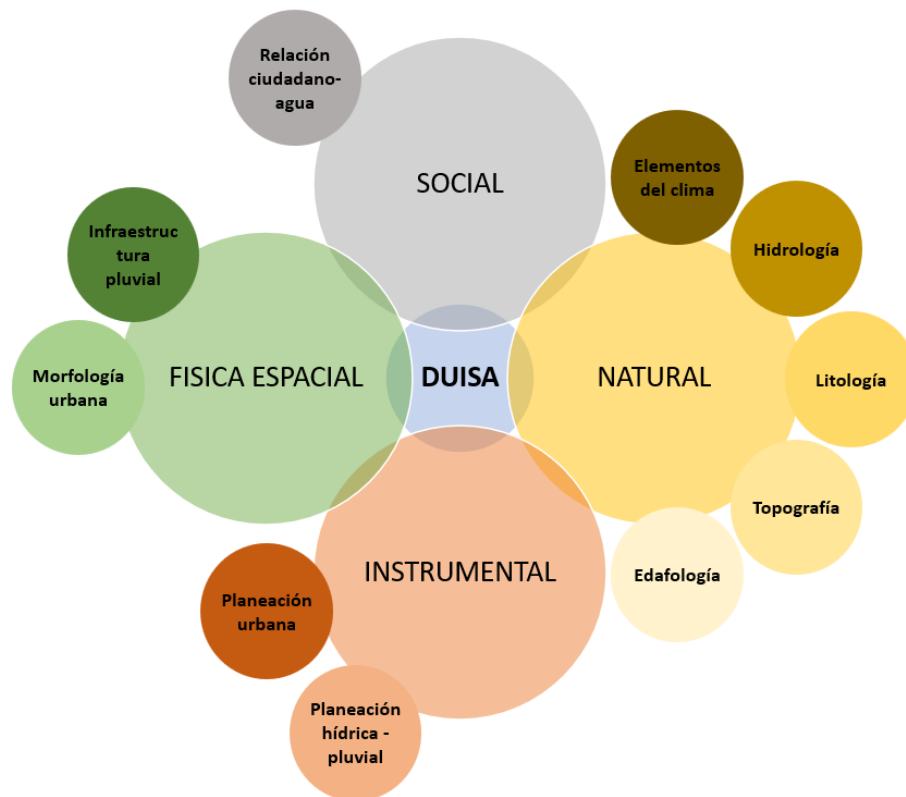


Figura 55 Diagrama dimensiones y subdimensiones para un Desarrollo Urbano Inteligente Sensible al Agua (DUISA)

Fuente: Elaboración propia S.C.R.M (2023).

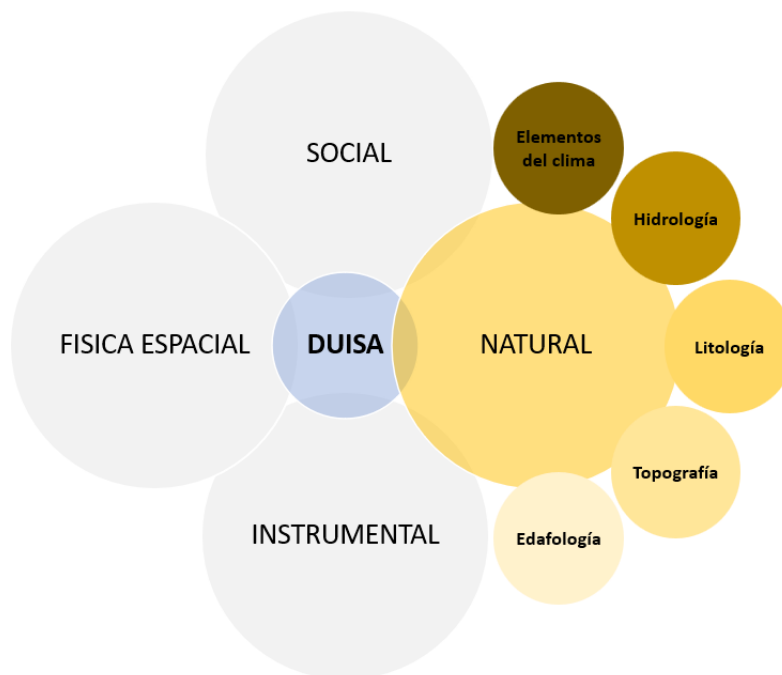


Figura 56 Dimensión natural y sus subdimensiones

Fuente: Elaboración propia S.C.R.M (2023).

La i) edafología considera como indicadores: el tipo de suelo, la textura del suelo y la cobertura vegetal. Las propiedades hídricas de un lugar están determinadas principalmente por estas tres características. En cuanto al tipo de suelo; la infiltración será más rápida en suelos arenosos y más lenta en los arcillosos. En el caso de la textura; en las más gruesas la infiltración será más rápida y entre más finas tendrán infiltración más lenta. Y en cuanto a la cobertura vegetal, ante mayor presencia de cobertura se mejora sustancialmente la infiltración; siendo significativamente superior en el bosque que en el pastizal.

La ii) topografía considera como indicador las pendientes. Las muy inclinadas favorecen la escorrentía superficial reduciendo la posibilidad de infiltración; y las menos inclinadas retienen por más tiempo el agua favoreciendo la infiltración, las pendientes moderadas ofrecen las mejores condiciones para la infiltración, que las enteramente planas, ya que estas desarrollan a menudo suelos herméticos.

La iii) litología refiere a las rocas y su dureza. Las lacustres o de dureza baja favorecen la infiltración, las aluviales o de dureza media permiten la infiltración en cierta cantidad, mientras que las andesitas y basalto o de dureza alta impiden la infiltración.

Los iv) elementos del clima; considera la intensidad de precipitación. Si la Intensidad de lluvia es superior a la capacidad de infiltración, una vez superada la retención superficial, se producirá escorrentía superficial. Si la intensidad de lluvia es inferior a la capacidad de infiltración, la tasa real de infiltración será la intensidad de lluvia menos la retención superficial, que será inferior a dicha capacidad de infiltración.

La v) hidrología tiene como indicadores los puntos de agua y la calidad del agua. Los puntos de agua, en la extracción subterránea, se refieren a los métodos y lugares de donde se aprovecha el recurso hídrico. Se consideran los pozos perforados o excavados, las galerías filtrantes y los cuerpos de agua superficiales junto con las zonas de inundación. Los pozos son el método menos sostenible e inteligente para la extracción de agua para uso humano; mientras los cuerpos de agua superficiales y las zonas de inundación serían el método más

eficaz y menos invasivo, es decir, sin requerir una intervención significativa en el medio ambiente. En cuanto a la calidad de agua subterránea se consideran los rangos bajo, medio y alto.

DIMENSIÓN			Natural							
SUB DIMENSIÓN			edafología			topografía	litología	hidrología	elementos del clima	
INDICADOR			1	2	3	4	5	6	7	8
			tipo de suelo	textura de suelo	cobertura vegetal	pendientes	rocas y dureza	puntos de agua	calidad del agua subterránea	intensidad de precipitación
INDICE	mayor escurrimiento menor infiltración	menor inteligencia y sensibilidad al agua	planosol / fluvisol	arcilloso (fina)	agrícola / zona urbana (sin cobertura)	muy inclinadas (>30 %)	andesita-basalto (dureza alta)	pozo perforado o excavado	baja	débil / moderada (0-7.5 mm/h)
			phaeozem	franco (limoso) (media)	pastizal (mediana cobertura)	moderadamente inclinadas (5-30%)	aluvial (dureza media)	galería filtrante	media	fuerte (7.6-50 mm/h)
	mayor infiltración menor escurrimiento	mayor inteligencia y sensibilidad al agua	vertisol / andosol	arenoso (gruesa)	bosque (cobertura total)	baja inclinación (0-5%)	lacustre (dureza baja)	cuerpos de agua superficiales / zonas de inundación	alta	torrencial (> 50 mm/h)

Figura 57 Dimensión natural; sus subdimensiones, indicadores e índices

Fuente: Elaboración propia S.C.R.M (2023).

La dimensión física espacial integra dos subdimensiones (Figura 58 y Figura 59): i) infraestructura pluvial y ii) morfología urbana.

La i) infraestructura pluvial tiene como indicadores los pavimentos y la red pluvial. Un pavimento flexible es el menos permeable, seguido por el pavimento rígido y; finalmente los considerados permeables. En cuanto a la red pluvial se considera el paradigma tradicional como el más básico; aquel que combina la descarga sanitaria con el agua de lluvia. Seguido de un sistema mixto en el que ya existen en sectores de la ciudad separación de tuberías sanitarias y pluviales, y finalmente el sistema separado en el que existe un manejo particular para el agua de lluvia.

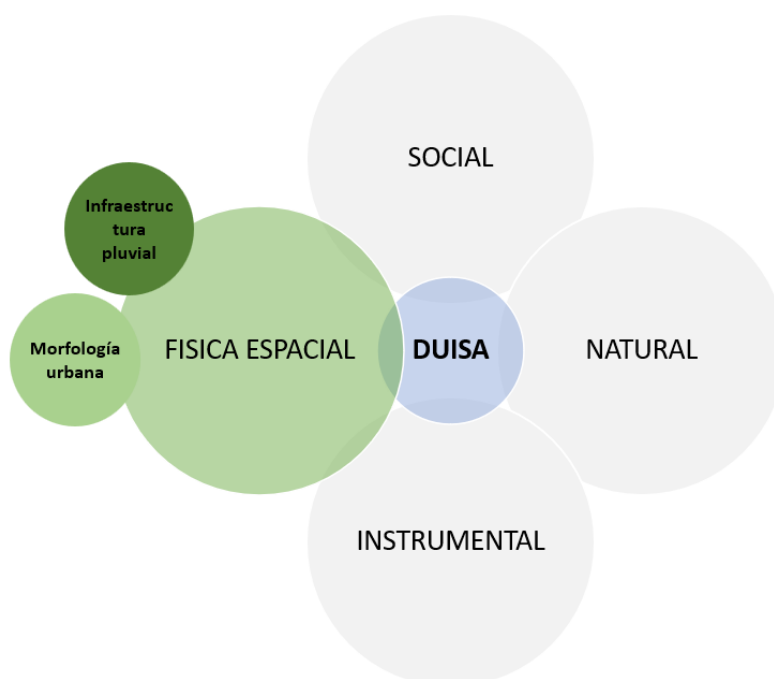


Figura 58 Dimensión física espacial y sus subdimensiones
Fuente: Elaboración propia S.C.R.M (2023).

DIMENSIÓN		Física espacial			
SUB DIMENSIÓN		infraestructura pluvial		morfología urbana	
INDICADOR		9	10	11	12
		red pluvial	pavimentos	usos de suelo	conexión con la traza urbana
INDICE	mayor escurrimiento menor infiltración	combinada (tradicional)	flexible (asfalto)	industrial	inexistente
	menor inteligencia y sensibilidad al agua	mixta	rígido (concreto hidráulico)	habitacional	baja conexión (o histórica)
	mayor infiltración menor escurrimiento	separada	permeable (concreto permeable, articulados, terracería)	no urbanizable	existente en la actualidad
		valor			
		bajo			
		medio			
		alto			

Figura 59 Dimensión física; sus subdimensiones, indicadores e índices
Fuente: Elaboración propia S.C.R.M (2023).

La ii) morfología urbana presenta como indicadores la conexión de la traza urbana con el agua pluvial y los usos de suelo. En cuanto a la conexión se parte de aquella que ignora los escurrimientos y potenciales infiltraciones o que los tiene en un nivel bajo, después la que en algún momento de su desarrollo urbano histórico los consideró y finalmente la que está siendo generada bajo la integración total de ambos elementos. En cuanto a los usos de suelo va de aquellos que consideran algún uso en relación ya sea con la captación o infiltración (no urbanizable), los que incluyen de alguna forma esta función (habitacional) o los que no la consideran de ninguna forma (industrial).

La dimensión instrumental integra dos subdimensiones (Figura 60 y Figura 61): i) planeación hídrica pluvial y ii) planeación urbana.

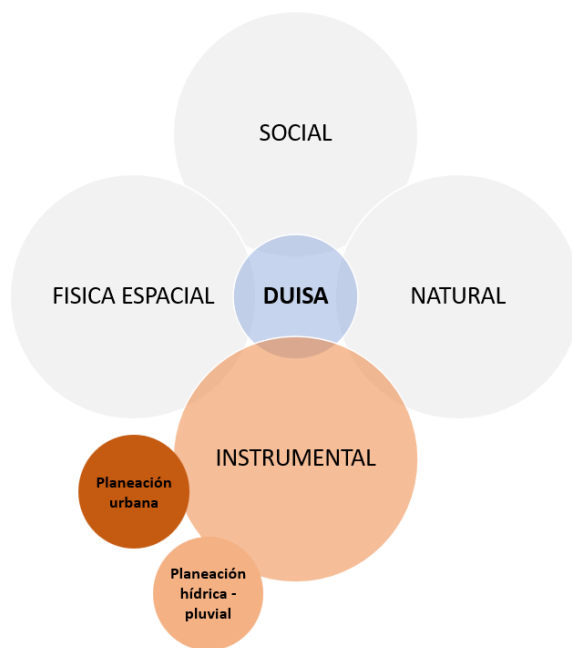


Figura 60 Dimensión instrumental y sus subdimensiones
Fuente: Elaboración propia S.C.R.M (2023).

La i) planeación hídrica pluvial tiene como indicadores el modelo de gestión hídrica, el modelo de inteligencia con respecto al agua y la normativa sobre agua. En cuanto al modelo de gestión hídrica se consideran los modelos privados, gubernamentales (centralizado) y autónomos (descentralizado). Para el modelo de inteligencia con respecto al agua se incluyen los estados *drained city* (ciudad con drenaje), *waterways city* (ciudad con drenaje) y el *integrated water resources management* (gestión integrada de los recursos hídricos). Y para

la normativa sobre agua los programas hídricos que aplican ya sean de tipo federal (nacional), estatal o local.

La ii) planeación urbana considera como indicadores la actualidad del plan municipal de desarrollo urbano, la reducción del riesgo de inundación a través de los atlas existentes, la normativa para la planeación urbana (metodologías aplicadas para su desarrollo) y la visión del ordenamiento territorial. La actualidad del plan de desarrollo urbano se clasifica en mayor a 10 años, mayor a 5 años y menor a 5 años. La reducción del riesgo de inundación a través de los atlas existentes refiere al atlas de riesgo, el atlas de inundaciones o la existencia de ambos. La metodología aplicada para planeación urbana (instrumentos normativos) considera la Guía metodológica para la elaboración y actualización de programas municipales de desarrollo urbano del 2007, el Reglamento del libro quinto del Código Administrativo del Estado de México del 2020, y los Lineamientos para la elaboración de programas municipales de ordenamiento territorial y desarrollo urbano del 2022. En la visión del ordenamiento territorial se parte de aquella visión meramente física, seguida por un ordenamiento ecológico territorial y finalmente un ordenamiento ecológico territorial que considere el recurso hídrico pluvial; sus escorrentías e infiltración.

DIMENSIÓN			Instrumental						
SUB DIMENSIÓN			planeación hídrica-pluvial			planeación urbana			
INDICADOR			13	14	15	16	17	18	19
			gestión hídrica	inteligencia con respecto al agua	normativa sobre agua	plan municipal de desarrollo urbano	reducción del riesgo de inundación	normativa sobre planeación urbana	ordenamiento territorial hídrico
INDICE	valor								
	mayor escurrimiento menor infiltración	menor inteligencia y sensibilidad al agua							
	bajo								
	medio								
	alto								
	mayor infiltración menor escurrimiento	mayor inteligencia y sensibilidad al agua							
			organismo operador privado	Drained city	Programa Nacional Hídrico	antigüedad mayor a 10 años	atlas de riesgo	Guía metodológica. Elaboración y actualización de programas municipales de desarrollo urbano (2017)	ordenamiento territorial
			organismo operador gubernamental (centralizado)	Waterways city	Programa Estatal Hídrico	antigüedad mayor a 5 años	atlas de inundaciones	Reglamento del Libro Quinto del Código Administrativo del Estado de México (2020)	ordenamiento ecológico territorial
			organismo operador autónomo (descentralizado)	Integrated water resources management	Programa Local Hídrico	antigüedad de 5 años o menos	atlas de riesgo e inundaciones	Lineamientos para la elaboración de Programas Municipales de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano (2022)	ordenamiento ecológico territorial hídrico

Figura 61 Dimensión instrumental; sus subdimensiones, indicadores e índices

Fuente: Elaboración propia S.C.R.M (2023).

Finalmente, la dimensión social integra solo la subdimensión relación ciudadano-agua (Figura 62 y Figura 63), que, a su vez, presenta los indicadores: consumo per cápita, disponibilidad per cápita, grado tecnológico, grado de participación y cultura del agua.

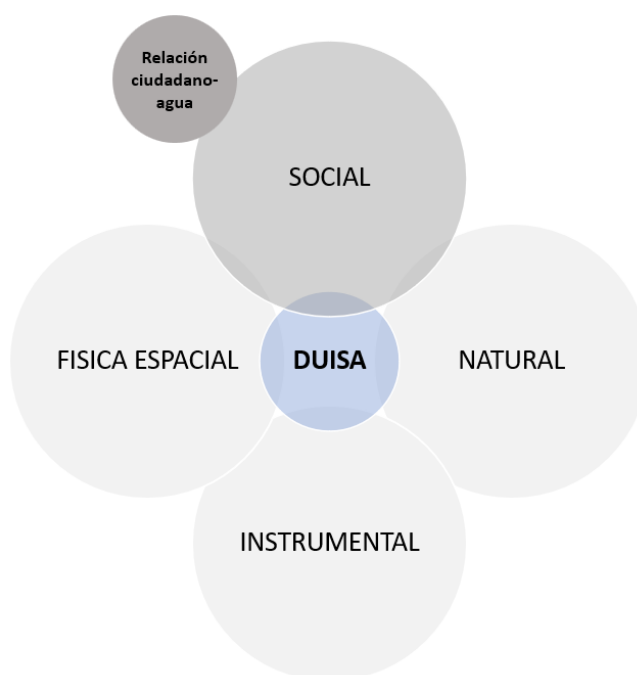


Figura 62 Dimensión social y sus subdimensiones
Fuente: Elaboración propia S.C.R.M (2023).

El consumo per cápita se considera alto cuando es mayor a 150 lts/hab/día, medio entre 100 y 150 lts/hab/día y bajo; menor a 100 lts/hab/día. La disponibilidad per cápita es baja cuando es menor a 2 000 m³/hab/año, media entre 2 000 y 10 000 m³/hab/año y alta cuando es mayor a 10 000 m³/hab/año. El grado tecnológico parte del paradigma tradicional de tuberías “enterradas” centralizadas, continúa con la inclusión de tecnología social (sistemas basados en la naturaleza) y finalmente la alta automatización. El grado de participación ciudadana considera la existencia o no de organizaciones de la sociedad civil con respecto al agua a nivel municipal. Y el grado de cultura del agua revisa la presencia o no de programas de cultura del agua a nivel municipal.

DIMENSIÓN		Social				
SUB DIMENSIÓN		relación ciudadano-agua				
INDICADOR		20	21	22	23	24
		consumo per cápita	disponibilidad per cápita	grado tecnológico	grado de participación ciudadana	cultura del agua
valor						
INDICE	mayor escurrimiento menor infiltración	alto (más de 150 lts/hab/día)	bajo (2 000 m3/hab/año o menos)	tradicional	no existe participación / organización ciudadana	no existen programas de cultura del agua
	menor inteligencia y sensibilidad al agua	medio (100-150 lts/hab/día)	medio (2 000 a 10 000 m3/hab/año)	social (sistemas basados en la naturaleza)	existe participación /organización ciudadana limitada	existen programas aislados de cultura del agua
	mayor infiltración menor escurrimiento	bajo (100 lts/hab/día o menos)	alto (10 000 m3/hab/año o más)	alta automatización	existe participación /organización ciudadana consolidada	existe un departamento que coordina la cultura del agua

Figura 63 Dimensión social; sus subdimensiones, indicadores e índices

Fuente: Elaboración propia S.C.R.M (2023).

Esta propuesta, con sus 24 indicadores (Tabla 12), busca permitir una compatibilidad entre desarrollo y ambiente, particularmente entre desarrollo y ciudad. Pues como afirma Biffani (1999), el desarrollo no implica necesariamente la destrucción de la naturaleza, por lo que la integración debe ser un principio fundamental del urbanismo del Siglo XXI.

Dimensiones	Subdimensiones	Indicadores	Índice (escala categórica ordinal)		
Natural	Edafología	Tipo de suelo	Planosol/ fluvisol	Phaeozem	Vertisol/ andosol
		Textura de suelo	Arcilloso (fina)	Franco (limoso) (media)	Arenoso (gruesa)
		Cobertura vegetal	Agrícola / zona urbana (sin cobertura)	Pastizal (mediana cobertura)	Bosque (cobertura total)
	Topografía	Pendientes	Muy inclinadas (>30%)	Moderadamente inclinadas (5- 30%)	Baja inclinación (0-5%)
	Litología	Rocas y dureza	Andesita- basalto (dureza	Aluvial (dureza media)	Lacustre (dureza baja)

La tabla continúa en la siguiente página
227

Dimensiones	Subdimensiones	Indicadores	Índice (escala categórica ordinal)		
			alta)		
Física espacial	Hidrología	Puntos de agua	Pozo perforado o excavado	Galería filtrante	Cuerpos de agua superficiales (zonas de inundación)
		Calidad del agua subterránea	Baja	Media	Alta
	Elementos del clima	Intensidad de precipitación	Débil / moderada (0-7.5 mm/h)	Fuerte (7.6-50 mm/h)	Torrencial (>50 mm/h)
		Red pluvial	Combinada (tradicional)	Mixta	Separada
	Infraestructura pluvial	Pavimentos	Flexible (asfalto)	Rígido (concreto hidráulico)	Permeable (concreto permeable, articulados, terracería)
		Usos de suelo	industrial	habitacional	No urbanizable
Instrumental	Morfología urbana	Conexión con la traza urbana	Inexistente	Baja o histórica	Existente en la actualidad
		Gestión hídrica	Organismo operador privado	Organismo operador gubernamental (centralizado)	Organismo operador autónomo (descentralizado)
	Planeación hídrica-pluvial	Inteligencia con respecto al agua	Drained city	Waterways city	Integrated wáter resources management
		Normativa sobre agua	Programa nacional hídrico	Programa estatal hídrico	Programa local hídrico
		Plan de desarrollo urbano/ordenamiento territorial	Antigüedad mayor a 10 años	Antigüedad mayor a 5 años	Antigüedad de 5 años o menos
	Planeación urbana	Reducción del riesgo de inundación	Atlas de riesgo	Atlas de inundaciones	Atlas de riesgo e inundaciones
		Normativa sobre planeación urbana	Guía metodológica. Elaboración y actualización de programas municipales de desarrollo urbano (2017)	Reglamento del Libro Quinto del Código Administrativo del Estado de México (2020)	Lineamientos para la elaboración de Programas Municipales de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano (2022)
		Ordenamiento territorial hídrico	Ordenamiento territorial	Ordenamiento ecológico territorial	Ordenamiento ecológico territorial hídrico
		Consumo per	Alto (más de	Medio (100-150	Bajo (100

La tabla continúa en la siguiente página

Dimensiones	Subdimensiones	Indicadores	Índice		
			(escala categórica ordinal)		
Social	Relación ciudadano-agua	cápita	150 lts/hab/día)	lts/hab/día)	lts/hab/día o menos)
		Disponibilidad per cápita	Bajo (2 000 m3/hab/año o menos)	Medio (2 000 a 10 000 m3/hab/año)	Alto (10 000 m3/hab/año o más)
		Grado tecnológico	Tradicional	Social (sistemas basados en la naturaleza)	Alta automatización
		Grado de participación ciudadana	No existe participación / organización ciudadana	Existe participación /organización ciudadana limitada	Existe participación /organización ciudadana consolidada
		Cultura del agua	No existen programas de cultura del agua	Existen programas aislados de cultura del agua	Existe un departamento que coordina la cultura del agua

Tabla 12 Tabla resumen de dimensiones, subdimensiones, indicadores e índices para un Desarrollo Urbano Inteligente Sensible al Agua (DUISA)
Fuente: Elaboración propia S.C.R.M (2023).

4.5 Actores clave, técnicas e instrumentos cualitativos

En la mencionada fase de investigación 3 “Propuesta de dimensiones, subdimensiones, indicadores e índices” y en referencia al punto “Aplicación de instrumentos cualitativos a los actores identificados: sector público, ciudadanía, academia, sector privado y organizaciones de la sociedad civil para la obtención de información que permitan definir las variables, dimensiones, indicadores, índices y escalas de la planeación hídrica pluvial” (Figura 64), se seleccionaron las técnicas cualitativas del Grupo Focal (GF) y la Entrevista Semiestructurada (ENTS), para las que se desarrollaron sus respectivos instrumentos (Tabla 13).



Figura 64 Actores clave
Fuente: Elaboración propia S.C.R.M (2023).

Actor	Técnica	Instrumento
Ciudadanía	Grupo Focal	Anexo 1. Guía de preguntas para grupo focal
Sector público	Entrevista	Anexo 2. Guía de preguntas para grupo focal Anexo 3. Guía de preguntas para entrevista semi estructura ODAPAS Anexo 4. Guía de preguntas para entrevista semi estructurada Desarrollo urbano Anexo 5. Guía de preguntas para entrevista semi estructurada Obras públicas Anexo 6. Guía de preguntas para entrevista semi estructurada Protección civil
Organizaciones de la sociedad civil	Entrevista	Anexo 7. Guía de preguntas para entrevista semi estructurada Organizaciones de la sociedad civil y sector privado
Sector privado		
Academia		Anexo 8. Guía de preguntas para entrevista semi estructurada Planeación urbana Anexo 9. Guía de preguntas para entrevista semi estructurada Ciudad inteligente Anexo 10. Guía de preguntas para entrevista semi estructurada Agua

Tabla 13 Actores, técnicas e instrumentos cualitativos a aplicar

Fuente: Elaboración propia S.C.R.M (2023).

El grupo focal es una técnica alternativa a herramientas que solo producen datos cuantitativos; ya que utiliza métodos de recolección de datos cualitativos a través de la interacción de un grupo de personas; es decir, no se obtienen cifras ni datos que permitan medir aspecto alguno (Prieto Rodríguez & March Cerdáb, 2002). “El lenguaje es el *dato* por analizar, comprender e interpretar” (Prieto Rodríguez & March Cerdáb, 2002, pág. 366)

Se caracteriza por basarse en la discusión que posibilita el diálogo e intensifica el acceso a informaciones sobre un tema en especial a partir de estímulos específicos que promuevan el debate e intercambio de ideas entre los participantes quienes van presentando diferentes miradas, de modo que sus opiniones puedan ser confirmadas o contestadas entre ellos (Silveira Donaduzzi, Colomé Beck, Heck Weiller, Nunes da Silva Fernandes, & Viero, 2015).

Es un proceso dinámico del que se obtienen grandes resultados con un carácter más sólido; aunque la calidad de los datos obtenidos depende de la discusión y la capacidad de mantener

a los participantes enfocados en la tarea. De cierta forma durante la discusión se percibe una negociación; sin embargo, no se busca el consenso sino la reflexión de las opiniones que, mediante una postura crítica y dialéctica se propicia la construcción y deconstrucción de conceptos.

El diseño y proceso de esta herramienta es flexible ya que puede irse adaptando conforme se avanza la discusión; además de que se pueden obtener datos provenientes del lenguaje corporal y tono de voz para comprender mejor como los participantes perciben el tema.

En el desarrollo del grupo focal participan cuatro actores principales; el grupo, el moderador, el observador y el secretario (Tabla 14).

Actor	Descripción
Grupo	-Pequeño número de personas ¹¹ cuidadosamente seleccionadas ¹² para discutir el tema determinado -Se recomienda que se sienten en círculo para facilitar el campo de visión y la interacción del grupo
Moderador	-Dirige la reunión a través de un guion de temas -Cualidades: habilidad y sensibilidad para guiar la discusión y coordinar el grupo, tener conocimiento especializado en relación con la temática, capacidad de fomentar nuevas ideas en los participantes, habilidad para retomar el rumbo de la discusión si cambia, capacidad de percibir el instante propicio para introducir preguntas no previstas pero que son esenciales
Observador	-Analiza las interacciones que se desarrollan consiguiendo información en profundidad sobre lo que las personas opinan y hacen, explorando los porqués y los cómo de sus opiniones y acciones
Secretario	-Registra las informaciones proporcionadas por los participantes en grabación en audio o video y anotaciones en un diario de campo

Tabla 14 . Actividades de actores principales en el GF

Fuente: Elaboración propia S.C.R.M (2023).

El proceso del GF se desarrolla en seis etapas (Figura 65):

¹¹ La mayoría de los autores recomiendan entre 4-10 personas. (Prieto Rodríguez & March Cerdáb, 2002) mencionan que con menos de 4 personas la dinámica grupal es diferente; mientras que con más de 10 personas se vuelven muy difíciles de moderar y los participantes tienen poco tiempo para intervenir, generándose discursos más superficiales. Lo ideal son grupos formados por 7-9 personas (Prieto Rodríguez & March Cerdáb, 2002)

¹² La selección de los participantes debe realizarse con base en algunos criterios según sea el interés de la investigación; a manera de ejemplo pueden mencionarse: ubicación, edad, nivel socio económico, raza, etc. (Prieto Rodríguez & March Cerdáb, 2002)

1. Definición del objetivo de la investigación: establecer el tema (de preferencia solo uno, o si son varios realizar varias sesiones).
2. Selección de preguntas para el proceso de discusión: deben ser abiertas y exploratorias (de conclusión o conclusivas) para fomentar que los participantes respondan ampliamente; más allá de un sí o no.
3. Definición del moderador, secretario y observador: la discusión es guiada por una persona mientras otro miembro toma nota y un tercero observa y ayuda al moderador a guiar. Los tres actores deben prepararse previamente conociendo la técnica, el tema, objetivo y pormenores de interés de la investigación.
4. Recluta y aprobación de los participantes: mediante los criterios establecidos realizar la selección de los participantes. Es la etapa más desafiante al lograr que las personas se presenten¹³.
5. Desarrollo de la discusión: ejecutar las preguntas concentradas en la Guía (Anexo 1 y 2).
6. Análisis de datos: existen varias técnicas para el análisis de la información recabada. Se recomienda la técnica *análisis de contenido* desarrollada por Laurence Bardin (2002)¹⁴.

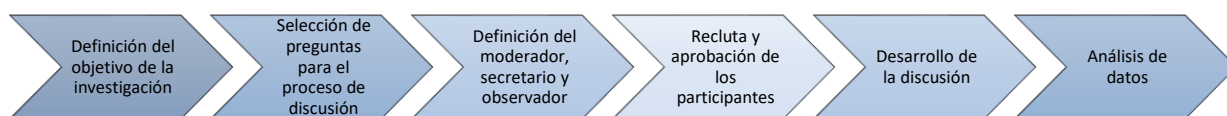


Figura 65 Etapas del proceso del Grupo Focal
Fuente: Elaboración propia S.C.R.M (2023).

¹³ Los participantes deben firmar un formulario de consentimiento donde se exprese el objetivo de la investigación y las pautas de su participación, entre ellas la importancia de no hablar al mismo tiempo evitando discusiones paralelas, a fin de facilitar la posterior transcripción de las conversaciones grabadas bajo el consentimiento de todos. Se mencionan también los aspectos éticos, el compromiso con la privacidad y la confidencialidad de los datos, preservándose la identidad de los participantes (Prieto Rodríguez & March Cerdáb, 2002)

¹⁴ Esta técnica se usa para interpretar los datos a partir del interés en decodificar las interlocuciones y en busca de un significado que vaya más allá de la lectura simple de lo real. Consta en: i) pre análisis, que es la organización del material propiamente dicho en unidades de categorización siempre de orden semántico; para lo que la información obtenida en las grabaciones se transcriben en un editor de textos, constituyendo el corpus de la investigación, ii) lectura y escucha flotante, que consta en la revisión de todo el material colectado; se recomienda la escucha de las grabaciones realizada diversas veces y la lectura exhaustiva del material de la cual se sugiere hacer anotaciones de las palabras clave, iii) exploración del material, es el momento de la codificación en que los datos brutos son transformados de forma organizada y agregados en unidades, las cuales permiten una descripción de las características relacionadas con el contenido, iv) tratamiento de los resultados, momento en el que el investigador tiene a su disposición los resultados y puede proponer inferencias y adelantar interpretaciones relacionadas con los objetivos de la investigación (Prieto Rodríguez & March Cerdáb, 2002)

Para la presente investigación se describen las etapas mencionadas (Tabla 15):

Etapas		Aplicación a investigación
1	Definición del objetivo de la investigación	-Tema: Desarrollo Urbano Inteligente Sensible al Agua -Objetivo: Conocer la perspectiva que cada actor tiene con respecto a la gestión y manejo del ciclo del agua en las ciudades, así como propuestas para su integración
2	Selección de preguntas para el proceso de discusión	-Ver anexo 1 y 2. Guía de preguntas para Grupo focal (ciudadanía y sector público)
3	Definición del moderador, secretario y observador	-Moderadora: Sandra Cecilia Rodríguez Martínez, Doctorante en Urbanismo, Facultad de Planeación Urbana y Regional, Universidad Autónoma del Estado de México -Secretaria: Ana Velázquez González -Observador: Andy Rodrigo Corona Sánchez
4	Recluta y aprobación de los participantes	-Criterios de inclusión: -sector público: personas relacionadas con el diseño y/o ejecución de planes y programas urbanos y de agua, perfil técnico y/o directivo -ciudadanía: representantes ciudadanos con alguna figura reconocida, ciudadanos afectados con inundaciones y/o baja disponibilidad del recurso hídrico, ciudadanos organizados de forma autónoma en relación con el agua -ver anexo 11 y 12. Formulario de consentimiento para grupo focal
5	Desarrollo de la discusión	-Ver anexo 1 y 2. Guía de preguntas para Grupo focal (ciudadanía y sector público)
6	Análisis de datos	-Técnica: análisis de contenido con Atlas ti

Tabla 15 Etapas del proceso del Grupo focal en la presente investigación

Fuente: Elaboración propia S.C.R.M (2023).

La entrevista, la cual también es de enfoque cualitativo, se utiliza cuando el objeto de estudio no se puede observar y se define “como una reunión para conversar e intercambiar información entre una persona (el entrevistador) y otra (el entrevistado)” (Hernández Sampieri, 2014). El entrevistador generalmente es el propio investigador. Su dinámica está basada en preguntas y respuestas que permiten la comunicación y por tanto la construcción de significados sobre un tema.

Las entrevistas semiestructuradas se basan en una guía de preguntas base, pero da al entrevistador la libertad de introducir adicionales para precisar datos u obtener más información. Aunque se recomienda (Hernández Sampieri, 2014) comenzar con entrevistas de tipo abiertas; las cuales se fundamentan en una guía general de contenido dando toda la flexibilidad¹⁵ al entrevistador para manejarla. Las preguntas son abiertas y neutrales, ya que buscan obtener opiniones y experiencias de los participantes en su propio lenguaje. Existen tipologías de preguntas; las más adecuadas para la entrevista son las preguntas para ejemplificar; las cuales funcionan como disparadores para exploraciones más profundas al solicita al entrevistado que ejemplifique con un evento o suceso la información proporcionada. Otras que de igual manera aportan son las de opinión y las de conocimiento. Sugiere (Hernández Sampieri, 2014) efectuar primero las preguntas generales, después las complejas, seguidas por las sensibles para terminar con las preguntas de cierre.

El entrevistador debe ser de escucha atenta y de interés por el contenido y narrativa de cada respuesta obtenida; siempre de forma espontánea y relajada para evitar que el entrevistado se sienta en un interrogatorio. Es por tanto importante generar un clima de confianza y empatía. No debe preguntarse de manera tendenciosa ni induciendo las respuestas; siendo importante que los entrevistados dejen fluir su punto de vista. Cuando al entrevistado no le quede clara una pregunta es recomendable repetirla; y de igual forma en caso de que el entrevistador no entienda una respuesta es conveniente que pida al entrevistado la repita. En cuanto a la duración; debe mantener un equilibrio entre obtener la información de interés y no cansar al entrevistado.

La secuencia más común de una entrevista puede considerarse la siguiente; sin embargo, cada entrevista es una experiencia de diálogo única por lo que no puede estandarizarse (Figura 66):

1. Identificar y contactar al entrevistado: se debe asegurar confidencialidad y hacer cita en un lugar adecuado, de preferencia privado y confortable
2. Preparar la guía de preguntas: abiertas y vinculadas con el tema de la investigación.

¹⁵ La principal característica es la flexibilidad ya que no hay una definición en su principio y fin permitiendo que las preguntas y su orden de aparición se adecúen a los participantes (Hernández Sampieri, 2014)

Se recomienda ejecutar un piloto. Para diseñar la guía de temas es necesario tomar en cuenta aspectos prácticos, éticos y teóricos. Los prácticos tienen que ver con que debe buscarse que la entrevista capte y mantenga la atención del participante. Los éticos en el sentido de que el investigador debe reflexionar sobre las posibles consecuencias que tendría que el participante hable de ciertos temas. Y los teóricos en cuanto a que la guía de entrevista tiene la finalidad de obtener la información necesaria para responder al planteamiento (Hernández Sampieri, 2014). La cantidad de preguntas está relacionada con la extensión que se busca en la entrevista

3. Preparar formato de consentimiento para la entrevista: lo firma el participante y debe contener los datos del entrevistado y la frase que otorga su permiso.
4. Desarrollo y cierre de la entrevista: de inicio se hace hincapié en el propósito de la entrevista, la confidencialidad, etc. Para el registro de la información se usan diferentes herramientas entre las que se mencionan: grabación de audio o video, notas en libreta o computadora, dictado digital y/o fotografías. Preguntar al entrevistado si tiene algo que agregar o alguna duda, agradecer su participación.
5. Análisis de datos: hacer un resumen, revisar las notas o transcribir las grabaciones para analizar al entrevistado y su contexto (¿qué dijo y por qué?).

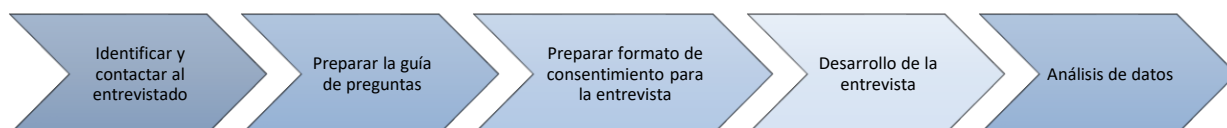


Figura 66 Etapas del proceso de la Entrevista
Fuente: Elaboración propia S.C.R.M (2023).

Para la presente investigación se describen las etapas mencionadas (Tabla 16):

Etapas	Aplicación a investigación
1 Identificar y contactar al entrevistado	-Sector privado: 1. Soluciones Hidropluviales 2. Isla urbana -Organizaciones de la sociedad civil 1. Asociación Mexicana de Sistemas de Captación de Agua de Lluvia A.C. -Academia: 1. Instituto Interamericano en Tecnología y Ciencias del Agua (IITCA)

La tabla continúa en la siguiente página

Etapa	Aplicación a investigación
	2. Facultad de Planeación Urbana y Regional UAEMéx (FaPUR) 3. Colegio Mexiquense (CMQ)
2 Preparar la guía de preguntas	-Ver anexos 3,4,5 y 6. Guía de preguntas para Entrevista semi estructurada (sector público) -Ver anexos 7,8,9 y 10. Guía de preguntas para Entrevista semi estructurada (sector privado, organizaciones de la sociedad civil y academia)
3 Preparar formato de consentimiento para la entrevista	-Ver anexo 12. Formulario de consentimiento para Entrevista Semiestructurada
4 Desarrollo de la entrevista	-Modalidad: virtual (Teams) y presencial
5 Análisis de datos	-TÉCNICA: análisis de contenido con Atlas ti

Tabla 16 Etapas del proceso de la Entrevista semi estructurada en la presente investigación

Fuente: Elaboración propia S.C.R.M (2023).

Una vez definidos los actores, las técnicas y los instrumentos a aplicar, se determinaron los participantes con quienes se trabajaron las técnicas mencionadas (Figura 67).



Figura 67 Mapa de participantes de los actores clave

Fuente: Elaboración propia S.C.R.M (2023).

4.6 Descripción del proceso de análisis de la información cualitativa

La fase de investigación 5 “Procesamiento de información” se desarrolla en dos puntos; el primero; es el “Procesamiento y análisis de los datos cualitativos mediante el análisis del discurso para reforzar o incluir indicadores para la caracterización del modelo”, y el segundo; el “Procesamiento y análisis de los datos cualitativos mediante el análisis del discurso para reforzar o incluir indicadores para la caracterización del modelo”. Estos procesos se describen a continuación.

4.6.1 Superposición de capas

También conocida como *planificación ambiental*¹⁶; la superposición de capas (overlay-mapping) es una herramienta técnica e investigativa en la forma de generar un proceso para la correcta ubicación de los asentamientos humanos. Se basa en la generación de cartografía necesaria para la interpretación del territorio, convirtiendo los procesos naturales y humanos en elementos y valores a determinar y ubicar en una caracterización en específico. Proyectar con la naturaleza no significa nada más que encajar una intervención en el ambiente de forma no violenta, sino, de acuerdo con sus características; logrando que los sistemas naturales y artificiales puedan coexistir amigablemente. La metodología consiste en ir superponiendo diferentes mapas (cada uno sería una capa), en los que se representa una variable del territorio, generando una forma de verlo más interdisciplinariamente y así generar una crítica más particular sobre el lugar y por tanto una mejor toma de decisiones. La identificación de territorios genera no solo la correcta ubicación de las urbanizaciones, también ayuda a la conservación de los espacios naturales y al mantenimiento de los ciclos naturales.

Algunos de sus principios fundamentales son:

- Comprensión de los sistemas naturales: importancia de comprender en profundidad

¹⁶ Conocido también como "Diseño con la Naturaleza" es un método desarrollado por Ian McHarg, (1967) para el diseño y la planeación urbana, basado en la comprensión y consideración de los procesos naturales y las características del paisaje

los sistemas naturales presentes en un área, incluyendo aspectos como la topografía, la hidrología, la geología, la vegetación y la fauna, así como los procesos ecológicos que ocurren en el paisaje.

- Interdependencia de los elementos del paisaje: reconocimiento de que los elementos del paisaje están interconectados y que los cambios en un área pueden tener efectos significativos en otros aspectos del entorno.
- Valoración de los recursos naturales: identificar y valorar los recursos naturales en un área, como hábitats naturales, recursos hídricos, suelos fértiles y otros elementos que contribuyen al bienestar humano y al funcionamiento de los ecosistemas.
- Respeto por los procesos naturales: respeto por los procesos naturales y la adaptación del diseño humano para trabajar con, en lugar de contra, estos procesos. Como ejemplo; la capacidad de carga del suelo, los patrones de drenaje natural, y otros aspectos que afectan la salud y la resiliencia del paisaje.
- Participación comunitaria: promoción de la participación de la comunidad en el proceso de planeación y diseño, reconociendo que las decisiones sobre el uso del suelo afectan a las personas que viven y trabajan en el área y que su conocimiento local puede enriquecer el proceso de toma de decisiones.

El proceso de esta metodología es el siguiente (Figura 68):

1. Recopilación de datos: recopilación de información detallada sobre el área de estudio, incluyendo aspectos como la topografía, hidrografía, geología, clima, vegetación, hábitats naturales, y características sociales.
2. Análisis de sistemas naturales: análisis detallado de los sistemas naturales presentes en el área, identificando patrones y procesos, así como las interacciones entre los diferentes elementos del paisaje.
3. Evaluación de la capacidad del sitio: evaluación de la capacidad del sitio para soportar diferentes tipos de desarrollo o intervención, considerando factores como la estabilidad del suelo, la capacidad de drenaje, la calidad del agua y otros aspectos ambientales y ecológicos.
4. Identificación de valores significativos: identificar los valores naturales presentes en

el área, importantes para la comunidad.

5. Mapeo de oportunidades y limitaciones: realizar un mapeo detallado de las oportunidades y limitaciones del sitio (aspectos positivos como los negativos).
6. Desarrollo de alternativas de diseño: generar diferentes alternativas de diseño que integran los hallazgos del análisis previo y que buscan optimizar el uso del sitio mientras se minimiza el impacto ambiental y se protegen los valores significativos.
7. Evaluación y selección de la mejor alternativa: evaluar las diferentes alternativas de diseño en función de criterios como la sostenibilidad, la eficiencia, la viabilidad económica y la aceptación social, y se selecciona la mejor alternativa para su implementación.
8. Implementación y monitoreo: implementar el diseño seleccionado y monitorear su desempeño a lo largo del tiempo, realizando ajustes según sea necesario para garantizar que se cumplan los objetivos.



Figura 68 Etapas del proceso de la Superposición de capas

Fuente: Elaboración propia S.C.R.M (2023).

Este proceso se basa en la premisa de que la planeación debe estar en armonía con los procesos naturales y las características del paisaje, y que al entenderlos y respetarlos se puede lograr un desarrollo más sostenible y resiliente. Para la presente investigación se describen las etapas mencionadas (Tabla 17):

Etapas	Aplicación a investigación
1 Recopilación de datos	-Recopilación de datos del caso de estudio (Atlacomulco de Fabela, México) sobre las subdimensiones e indicadores de las dimensiones natural y física: a. Edafología: tipos de suelo, textura de suelo y cobertura vegetal b. Topografía: pendientes c. Elementos del clima: intensidad de precipitación d. Hidrología: áreas de escurrimiento y áreas de infiltración

La tabla continúa en la siguiente página

	Etapas	Aplicación a investigación
2	Análisis de sistemas naturales	-Análisis detallado de los indicadores de las dimensiones natural y física; identificando patrones y procesos, así como sus interacciones
3	Evaluación de la capacidad del sitio	-Evaluación de la potencialidad del caso de estudio para incorporar la planeación hídrica pluvial, considerando las dimensiones natural y física
4	Identificación de valores significativos	
5	Mapeo de oportunidades y limitaciones	-Generación de cartografía del caso de estudio (Atlacomulco de Fabela, México) sobre los indicadores de las dimensiones natural y física: a. tipo del suelo b. textura del suelo c. cobertura vegetal d. pendientes e. litología f. puntos de agua g. usos de suelo h. pavimentos
6	Desarrollo de alternativas de diseño	-Generación diferentes alternativas de planeación hídrica pluvial a partir de los hallazgos del análisis previo
7	Evaluación y selección de la mejor alternativa	-Evaluación de las alternativas de planeación hídrica pluvial en función de criterios como la eficiencia, viabilidad, aceptación social, y selección de la mejor alternativa para su implementación
8	Implementación y monitoreo	-

Tabla 17 Etapas del proceso de la Superposición de capas en la presente investigación
Fuente: Elaboración propia S.C.R.M (2023).

La etapa 6. “Desarrollo de alternativas de diseño” se llevó a cabo mediante la superposición ponderada en análisis multicriterio con ArcGIS (GEASIG Especialistas en SIG y Medio Ambiente, 2024). Las evaluaciones multicriterio sirven para resolver problemas de decisión donde intervienen varios factores que además tendrán distintas valoraciones. Para realizar esta evaluación se establecieron los criterios relevantes y su importancia relativa para finalmente evaluar o valorar las alternativas posibles (etapa 7, ver apartado 5.19)

Los criterios usados surgieron de las dimensiones natural y física propuestas para el modelo.

En la dimensión natural hay 5 (cinco) subdimensiones, 7 (siete) indicadores y 21 (veintiún) índices. En la dimensión física son 2 (dos) subdimensiones, 4 (cuatro) indicadores y 12 (doce) índices. De estos se retoman para la superposición; de la dimensión natural 3 (tres) subdimensiones, 5 (cinco) indicadores y 15 (quince) índices, y de la dimensión física; 2 (dos) subdimensiones, 3 (tres) indicadores y 9 (nueve) índices. (Figura 69 y tabla 18). Los indicadores no incluidos para la superposición se retoman en la matriz de evaluación para la definición de estrategias y fases en el modelo de Desarrollo Urbano Inteligente Sensible al Agua (DUISA).

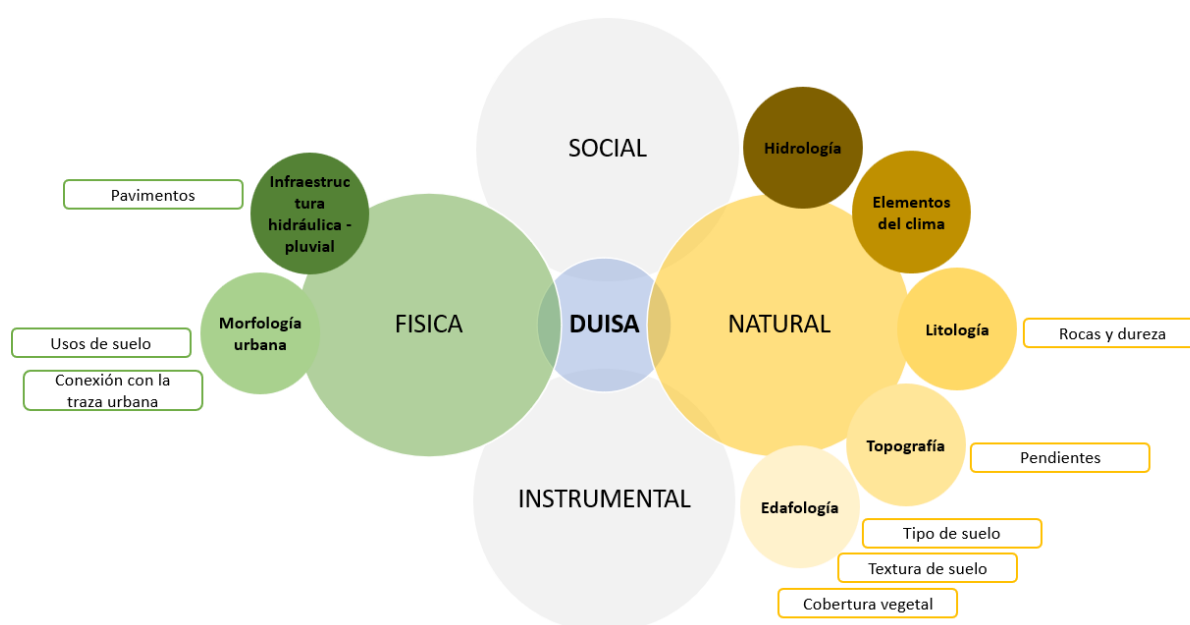


Figura 69 Dimensiones natural y física, sus subdimensiones e indicadores
Fuente: Elaboración propia S.C.R.M (2024).

La superposición se desarrolló en dos etapas:

- 1ra etapa: se integran los indicadores de la dimensión natural; que son aquellos que no se pueden manipular y por lo tanto son a los que se debe adaptar la planeación urbana hídrica pluvial: tipo y textura del suelo, cobertura vegetal, pendientes, litología y puntos de agua, además del indicador de la dimensión física: usos de suelo que determina el actual desarrollo urbano. Como resultado de esta primera etapa se obtuvo el primer Mapa de Infiltración de Atlacomulco de Fabela, México; en el que se

identificaron los grados de infiltración según el territorio y sus características (ver apartado 5.1.7).

- 2da etapa: a partir de la primera superposición se realizó el cruce con la traza urbana para identificar la idoneidad de los indicadores de la dimensión física (pavimentos); los cuales son manipulables al poder intervenirlos con estrategias que se establezcan en el plan municipal de desarrollo urbano (ver apartado 5.1.9).

Para la primera etapa de la evaluación multicriterio se designó a cada índice un valor que va del 1 al 9; siendo el 9 el factor que más influye positivamente y el 1 el que menos influye (Tabla 18); que a su vez establece la escala ordinal de: bajo, medio y alto.

Valor	Escala ordinal
1	Bajo
5	Medio
9	Alto

Tabla 18 Valoraciones numéricas y ordinales de los índices
Fuente: Elaboración propia S.C.R.M (2023).

Al realizar la superposición, se suman estas ponderaciones territorialmente y los puntos donde se acumula un valor mayor son en consecuencia los lugares adecuados para la integración de las fases del ciclo del agua señaladas como fundamento (escurrimiento e infiltración) (Tabla 19).

Dimensión natural			
Subdimensión	Indicador	Índice	Valor
Edafología	Tipo de suelo	Planosol / fluvisol	1
		Phaeozem	5
		Vertisol / andosol	9
	Textura de suelo	Arcilloso (fina)	1
		Franco (limoso)(media)	5
		Arenoso (gruesa)	9
	Cobertura vegetal	Agrícola / zona urbana (sin cobertura)	1
		Pastizal (mediana cobertura)	5
		Bosque (cobertura total)	9
Topografía	Pendientes	Muy inclinadas (>30 %)	1

La tabla continúa en la siguiente página

Dimensión natural			
Litología	Rocas y dureza	Moderadamente inclinadas (5-30%)	5
		Baja inclinación (0-5%)	9
		Andesita-basalto (dureza alta)	1
		Aluvial (dureza media)	5
		Lacustre (dureza baja)	9
Dimensión física			
Subdimensión	Indicador	Índice	Valor
Morfología urbana	Usos de suelo	Industrial	1
		Habitacional	5
		No urbanizable	9

Tabla 19 Dimensiones natural y física, sus subdimensiones, indicadores, índices y escala de valores
Fuente: Elaboración propia S.C.R.M (2024).

Fue necesario también discretizar la importancia de cada indicador. Se le dio el mayor peso a tipo y textura de suelo, seguido de litología (rocas y dureza), pendientes, vegetación y finalmente uso de suelo (Tabla 20). Esta designación se hizo con base en la posibilidad de intervención, siendo menor en el indicador con el mayor valor porcentual.

Indicador	%
Tipo y textura de suelo	30
Litología (rocas y Dureza)	25
Pendientes	20
Vegetación	15
Usos de suelo	10
Total	100

Tabla 20 Importancia en porcentaje de cada indicador
Fuente: Elaboración propia S.C.R.M (2023).

Los resultados de la superposición de capas se presentan en el Capítulo 5 Lineamientos para el diseño del Modelo de Desarrollo Urbano Inteligente Sensible al Agua para Atlacomulco de Fabela, México; en el inciso 5.2 Superposición de capas para análisis de las dimensiones natural y física.

4.6.2 Análisis del discurso

El análisis de contenido propuesto para la revisión de la información recabada se realiza con el uso del software Atlas ti¹⁷. Este es un *Computer Assisted Qualitive Data Software (CAQDAS)* que aporta a la investigación interpretativa (hermenéutica crítica); base de la Teoría fundamentada. Su fundamento es apoyar la organización, el análisis y la interpretación de información en investigaciones cualitativas mediante el contraste y comparación optimizando los tiempos en la investigación y aprovechando al máximo los datos. San Martín Cantero; considera que “el uso del software incrementa la transparencia en el proceso de análisis” (San Martín Cantero, 2014, pág. 105) reduciendo la fragmentación del conocimiento y por lo tanto invisibilizando la “naturaleza sociocultural e histórica de la realidad” (San Martín Cantero, 2014, pág. 105). En ese sentido, el conocimiento profundo de los fenómenos sociales representa la mejor forma para interpretar los datos y dar pie a las teorías o modelos. Por otro lado, el ahorro de tiempo en el análisis cualitativo también destaca.

Es a partir de la codificación axial que el Atlas.ti tiene mayor impacto, pues permite esclarecer las relaciones, mostrar los contextos y definir afirmaciones o hipótesis en torno a la investigación. El procedimiento analítico que se usa es la saturación de datos o de contenido el cual “asegura la riqueza explicativa y de relaciones teóricas entre categorías” (San Martín Cantero, 2014, pág. 112). Lo importante es que se recopilen los datos necesarios para saturar las categorías, si esto no sucede la teoría o modelo no se desarrollará equilibradamente careciendo de precisión. Esta saturación indica el momento en que se debe detener la recolección de datos. Se da un modelo circular en el que el investigador no debe de parar de “preguntar” a los datos para lograr la mencionada saturación.

Atlas.ti identifica los códigos que se requieren saturar a través de “la función *code-primary-documents-table* (códigos-documentos primarios-tablas) que muestra la cantidad de citas que cada código tiene” (San Martín Cantero, 2014, pág. 114) facilitando la saturación de cada

¹⁷ Fue creado Thomas Murth de la Universidad Tecnológica de Berlín, en el marco del proyecto ATLAS, entre 1989 y 1992. Murth tuvo el objetivo de usar la tecnología para aplicar los planteamientos metodológicos de la Glaser y Strauss. Sus siglas corresponden a la denominación en alemán Archiv für Technik, Lebenswelt und Alltagssprache; que se traduce como Archivo para la tectonología, el mundo de la vida y el lenguaje cotidiano. La extensión .ti significa interpretación de textos (Villegas Hernández, 2023)

código y categoría como propone la TF. Cuenta también con “la función *super código* que permite elaborar una categoría central que integra los códigos y categorías construidos en las fases de codificación abierta y axial” (San Martín Cantero, 2014, pág. 114). En cuanto a inconvenientes en el uso de Atlas.ti se mencionan que no garantiza un buen proceso analítico pues “la destreza, formación, experiencia y creatividad de quien investiga es clave para el éxito en la construcción de la teoría o modelo” (San Martín Cantero, 2014, pág. 118).

De forma general el proceso para utilizar Atlas.ti se basa en los siguientes pasos (Figura 70):

1. Creación de documentos y unidades de análisis: dividir los datos en unidades más pequeñas para facilitar el análisis. Pueden ser fragmentos de texto, segmentos de audio, partes de imágenes, etc. Atlas.ti los llama "Documentos" y "Unidades de Análisis".
2. Codificación: crear códigos que representen temas, conceptos o patrones en los datos y asignar estos códigos a las unidades de análisis relevantes. Los códigos pueden ser de forma inductiva (a medida que se encuentran patrones) o deductiva (basándose en teorías existentes).
3. Creación de redes de códigos: explorar las relaciones entre los códigos mediante la creación de redes de códigos para visualizar la interconexión de temas y conceptos en los datos.
4. Análisis y exploración: con las herramientas de Atlas.ti explorar y analizar los datos.
5. Generación de informes y exportación de resultados: crear informes y visualizaciones basadas en el análisis y exportar los resultados, informes o gráficos según sea necesario para compartirlos.

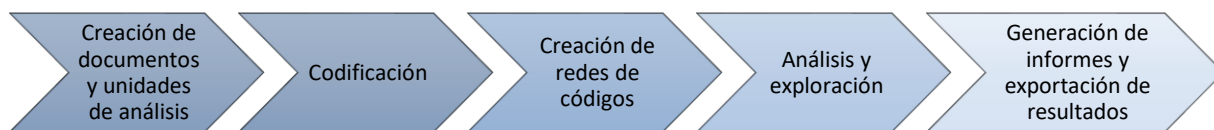


Figura 70 Etapas del proceso de Atlas.ti

Fuente: Elaboración propia S.C.R.M (2023) con base en (OpenAI, 2023)

El proceso para el análisis de la información sigue el método propuesto por la Teoría fundamentada que consta de la codificación abierta, la codificación axial y la codificación

selectiva.

a) Codificación abierta

Los instrumentos de recolección de datos en campo usados fueron la entrevista semiestructurada y el grupo focal. Se comenzó con el diseño de dos instrumentos para entrevista semiestructurada y dos para grupo focal. Sin embargo, a partir de las pruebas piloto de los instrumentos iniciales se fueron definiendo otros debido a la necesidad de particularizar la información según los perfiles o áreas de experiencia de los actores seleccionados. Por lo que se diseñaron finalmente 10 instrumentos diferentes, pero siguiendo la misma estructura base (Ver tabla 6) que son los fundamentos planeación urbana, ciudad inteligente y agua.

En cuanto a entrevistas semiestructuradas; se realizaron once (11), siete (7) en formato virtual en la plataforma TEAMS y cuatro (4) en forma presencial grabada en audio (Tabla 21 y Figura 71).

	Actor	Modalidad	Fecha de aplicación	Duración	Formato
Organizaciones de la sociedad civil					
1	Asociación Mexicana de Sistemas de Captación de Agua de Lluvia A.C.	Virtual	27 09 2023	52 min 11 seg	.mp4 .doc
Sector privado					
2	Soluciones Hidropluviales	Virtual	15 11 2023	1 hr 07 min	.mp4 .doc
3	Isla urbana	Virtual	07 11 2023	53 min 14 seg	.mp4 .doc
Academia					
4	Dr. Juan José Gutiérrez Chaparro Centro de Investigación y Estudios Avanzados en Planeación Territorial (CEPLAT)	Virtual	15 11 2023	46 min 05 seg	.mp4 .doc
5	Dr. Ryszard Edward Rozga Luter Facultad de Planeación Urbana y Regional (FaPUR)	Virtual	20 11 2023	39 min 09 seg	.mp4 .doc
6	Dr. Carlos Díaz Delgado	Virtual	27 11	35 min	.mp4

La tabla continúa en la siguiente página

	Actor	Modalidad	Fecha de aplicación	Duración	Formato
	Instituto Interamericano en Tecnología y Ciencias del Agua (IITCA)		2023	21 seg	.doc
7	Dr. Alfonso Xavier Iracheta Cenecorta Colegio Mexiquense (CMQ)	Virtual	27 11 2023	55 min 40 seg	.mp4 .doc
Sector público					
8	M. Ulises Mercado Pérez Director de ODAPAS	Presencial	16 11 2023	1 hr 11 seg	.mp3
9	Ing. Arq. Héctor González Martínez Director de Obras Públicas	Presencial	30 11 2023	51 min 22 seg	.mp3
10	Arq. Mario Mondragón Ruíz Director de Desarrollo Urbano, territorial y ambiental	Presencial	19 02 2024	56 min 01 seg	.mp3
11	T.A.M.P. Rubén López Sánchez Coordinador de Protección Civil y Bomberos	Presencial	16 02 2024	55 min 35 seg	.mp3

Tabla 21 Instrumentos para la recolección de datos en campo

Fuente: Elaboración propia S.C.R.M (2023).

En cuanto al grupo focal se realizaron dos (2) en formato presencial y grabadas en audio. El primero con el sector público participando los directores de las cuatro áreas identificadas en la selección de actores (Tabla 22, Figura 72 y Figura 73).

	Actor	Fecha de aplicación	Sede	Duración	Formato
Sector público					
Dirección de ODAPAS	M. Ulises Mercado Pérez			52 min 40 seg	
Dirección de Obras Públicas	Ing. Arq. Héctor González Martínez	06 03 2024	Sala de juntas ODAPAS Atlacomulco		.mp3
Dirección de Desarrollo Urbano, territorial y ambiental	Arq. Mario Mondragón Ruíz				
Coordinador de	T.A.M.P. Rubén				

La tabla continúa en la siguiente página

Actor	Fecha de aplicación	Sede	Duración	Formato
Protección Civil y Bomberos	López Sánchez			
Ciudadanía				
Consejo de participación ciudadana (COPACI)	Goreti Nalelí Sánchez Martínez	03 08 2024	Lonja Mercantil Viridiana	48 min 20 seg .mp3
Habitante de colonia con riesgo	Camerino Rafael Montiel Peña			

Tabla 22 Instrumentos para la recolección de datos en campo
Fuente: Elaboración propia S.C.R.M (2024).

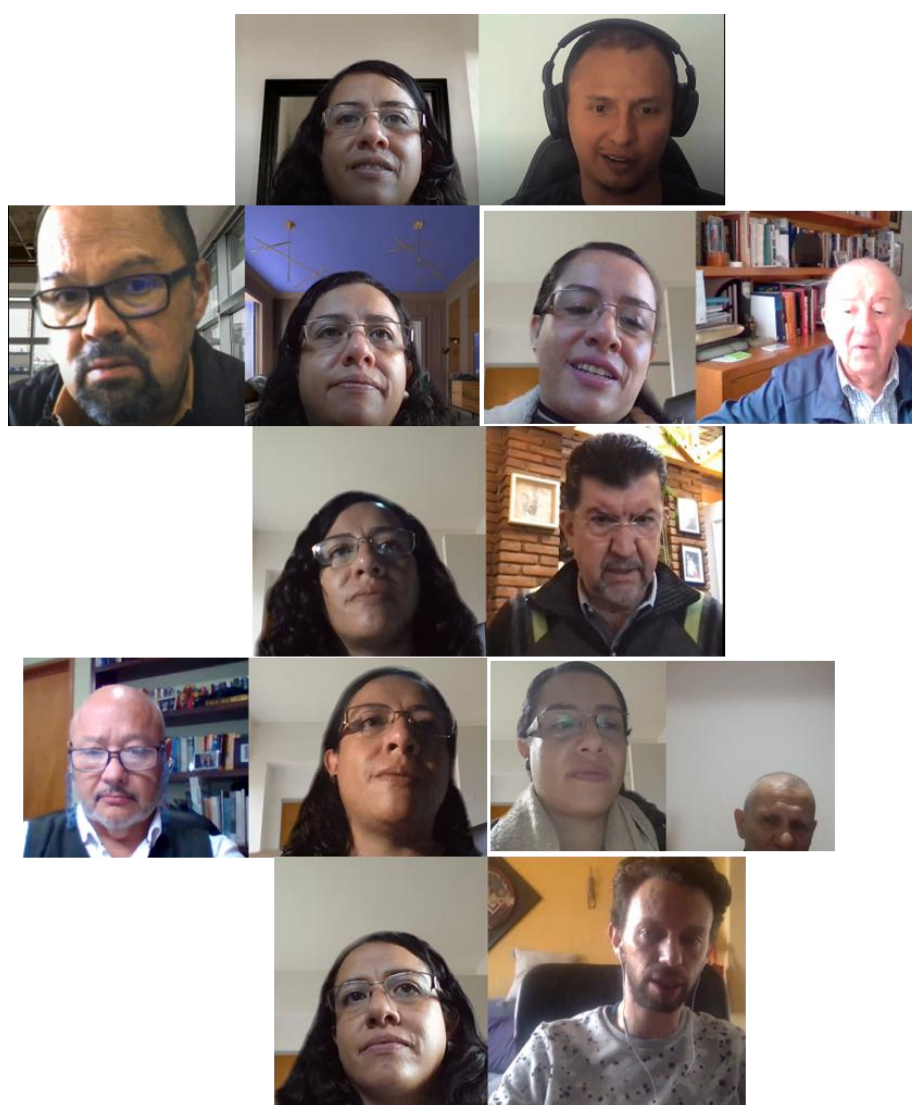


Figura 71 Entrevistas semiestructuradas a actores de las organizaciones de la sociedad civil, sector privado y academia.
Fuente: Elaboración propia S.C.R.M (2023).



Figura 72 Grupo focal con sector público
Fuente: Elaboración propia S.C.R.M (2024)



Figura 73 Grupo focal con sector público
Fuente: Elaboración propia S.C.R.M (2024)

b) Codificación axial

El propósito en esta etapa es identificar y establecer relaciones entre los códigos y categorías que emergieron durante la codificación abierta. Esto permitió organizar los códigos en estructuras más significativas y comprensibles, ayudando a construir un marco teórico a partir de los datos analizados. En la dimensión instrumental se tienen dos 2 (dos) subdimensiones, 7 (siete) indicadores y 21 (veintiún) índices. En la dimensión social es 1 (una) subdimensión, 5 (cinco) indicadores y 15 (quince) índices (Figura 74).

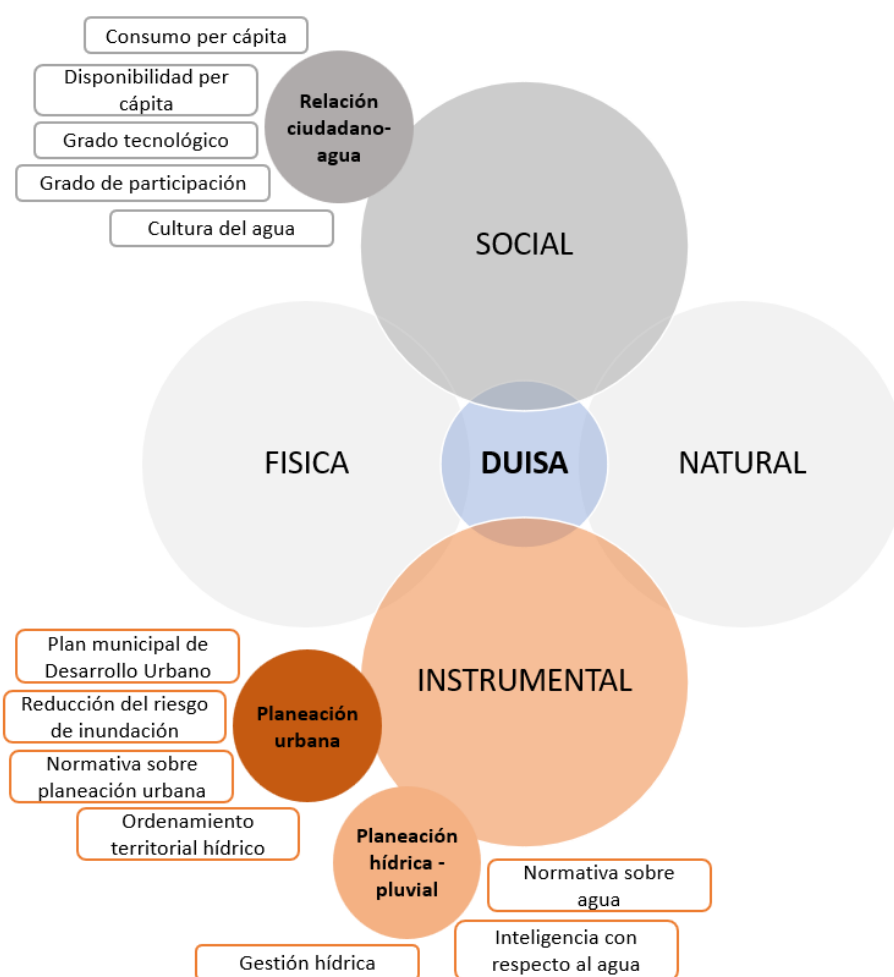


Figura 74 Dimensiones instrumental y social, sus subdimensiones e indicadores
Fuente: Elaboración propia S.C.R.M (2024).

Se retomaron los 12 (doce) indicadores de ambas dimensiones (social e instrumental) más 3 (tres) que se incluyeron (*) al resultar necesarios para el análisis. En total se generaron 15

códigos que a su vez se organizaron en las categorías: planeación hídrica pluvial, planeación urbana y relación ciudadano-agua correspondientes a las subdimensiones de las mencionadas dimensiones (Tabla 23).

Códigos		Categorías
1	Gestión hídrica	A. Planeación hídrica pluvial
2	Inteligencia con respecto al agua	
3	Normatividad sobre agua	
4	Plan municipal de desarrollo urbano	B. Planeación urbana
5	Reducción del riesgo de inundación	
6	Normativa sobre planeación urbana	
7	Ordenamiento territorial hídrico	
8	Favorecimiento de infiltración *	C. Relación ciudadano-agua
9	Consumo per cápita	
10	Disponibilidad per cápita	
11	Grado tecnológico	
12	Grado de participación ciudadana	
13	Cultura del agua	
14	Acciones primordiales *	
15	Ciudadano hidro inteligente *	

Tabla 23 Códigos y categorías de análisis
Fuente: Elaboración propia S.C.R.M (2023)

c) Codificación selectiva

La codificación selectiva es la última fase del proceso de codificación en la teoría fundamentada. Se desarrollan las relaciones, en una primera etapa; entre las categorías de análisis: planeación hídrica-pluvial, planeación urbana y relación ciudadano-agua, y en una segunda etapa; entre los actores (ver figura 63) y los códigos de las categorías de análisis (ver tabla 23). Las relaciones se presentan mediante nubes de palabras en donde se identifica su frecuencia; a partir de las cuales se genera un informe. Con base en la interpretación de estos recursos se obtienen los insumos desde la planeación hídrica pluvial para el modelo de Desarrollo Urbano Inteligente Sensible al Agua (DUISA).

El análisis de los actores parte de los instrumentos cualitativos aplicados: la entrevista semi

estructurada y el grupo focal (ver anexos A. Instrumentos de trabajo de campo). Para cada pregunta del instrumento se define un objetivo y se relaciona con el o los códigos correspondientes con lo que se obtienen las citas. Las citas son segmentos específicos de los datos que se consideran relevantes. Los resultados de las relaciones y la cantidad de citas se presentan en el Capítulo 5 Lineamientos para el diseño del Modelo de Desarrollo Urbano Inteligente Sensible al Agua para Atlacomulco de Fabela, México; en el inciso 5.3 Análisis del discurso para las dimensiones social e instrumental.

Para los actores Organizaciones de la sociedad civil y Sector privado; y según el instrumento Anexo 7. Guía de preguntas para Entrevista semi estructurada Organizaciones de la sociedad civil y Sector privado, los objetivos de cada pregunta y los códigos a los que se liga son (Tabla 24):

Pregunta	Objetivo	Código
B C	Conocer la perspectiva que tiene el actor sobre el papel del agua en la ciudad	Gestión hídrica Consumo per cápita Disponibilidad per cápita Cultura del agua
D	Determinar criterios importantes en la reducción del riesgo de inundación y favorecimiento de la infiltración a nivel urbano	Reducción de riesgo de inundación Ordenamiento territorial hídrico Favorecimiento de infiltración
E F	Conocer la perspectiva que tiene el actor sobre la incorporación del ciclo del agua en la ciudad	Inteligencia con respecto al agua Gestión hídrica Ordenamiento territorial hídrico
G H K	Conocer la perspectiva que tiene el actor en cuanto al uso de tecnología con relación al agua para lograr una ciudad inteligente	Inteligencia con respecto al agua Grado tecnológico Cultura del agua Grado de participación ciudadana
I J	Determinar las acciones primordiales para que las ciudades integren el ciclo del agua	Gestión hídrica Acciones primordiales Consumo per cápita Disponibilidad per cápita Ordenamiento territorial hídrico Favorecimiento de infiltración Plan de desarrollo urbano Reducción de riesgo de inundación

La tabla continúa en la siguiente página

Pregunta	Objetivo	Código
L	Conocer el papel y la jerarquía que tienen los actores en cuanto al uso y manejo del agua en la ciudad	Normativa sobre agua
M		Normativa sobre planeación urbana
N		Grado de participación ciudadana
O		Ciudadano hidro inteligente
P		Acciones primordiales
Q	Conocer la perspectiva del actor en cuanto al futuro de las ciudades con respecto al agua	Gestión hídrica
		Grado de participación ciudadana
		Ciudadano hidro inteligente
		Inteligencia con respecto al agua
		Cultura del agua

Tabla 24 Objetivo y códigos de las preguntas del Instrumento Anexo 7 Organizaciones de la sociedad civil y Sector privado

Fuente: Elaboración propia S.C.R.M (2024).

Para el actor academia; y según el instrumento Anexo 8, 9 y 10. Guía de preguntas para Entrevista semi estructurada Academia (planeación urbana, ciudad inteligente y agua), los objetivos de cada pregunta y los códigos a los que se liga son (Tabla 25):

Pregunta	Objetivo	Código
C	Conocer la perspectiva del actor sobre la planeación urbana, la ciudad inteligente y la gestion del recurso hídrico	
B C	Conocer la perspectiva que tiene el actor sobre el papel del agua en la ciudad	Gestión hídrica Consumo per cápita Disponibilidad per cápita Cultura del agua
D	Determinar criterios importantes en la reducción del riesgo de inundación y favorecimiento de la infiltración a nivel urbano	Reducción de riesgo de inundación Ordenamiento territorial hídrico Favorecimiento de infiltración
E F	Conocer la perspectiva que tiene el actor sobre la incorporación del ciclo del agua en la ciudad	Inteligencia con respecto al agua Gestión hídrica Ordenamiento territorial hídrico
G H K	Conocer la perspectiva que tiene el actor en cuanto al uso de tecnología con relación al agua para lograr una ciudad inteligente	Inteligencia con respecto al agua Grado tecnológico Cultura del agua Grado de participación ciudadana

La tabla continúa en la siguiente página

Pregunta	Objetivo	Código
I J	Determinar las acciones primordiales para que las ciudades integren el ciclo del agua	Gestión hídrica Acciones primordiales Consumo per cápita Disponibilidad per cápita Ordenamiento territorial hídrico Favorecimiento de infiltración Plan de desarrollo urbano Reducción de riesgo de inundación
L M N O P	Conocer el papel y la jerarquía que tienen los actores en cuanto al uso y manejo del agua en la ciudad	Normativa sobre agua Normativa sobre planeación urbana Grado de participación ciudadana Ciudadano hidro inteligente Acciones primordiales
Q	Conocer la perspectiva del actor en cuanto al futuro de las ciudades con respecto al agua	Gestión hídrica Grado de participación ciudadana Ciudadano hidro inteligente Inteligencia con respecto al agua Cultura del agua

Tabla 25 Objetivo y códigos de las preguntas del Instrumento Anexo 7 Organizaciones de la sociedad civil y Sector privado

Fuente: Elaboración propia S.C.R.M (2024).

Conclusiones del Capítulo 4

La investigación propuesta es una investigación explicativa con inferencia inductiva. Al ser explicativa busca establecer relaciones de causa y efecto para comprender las consecuencias de un fenómeno específico. En este caso, se busca comprender cómo la planificación urbana afecta la gestión del agua y cómo se puede mejorar esta relación a través del modelo DUISA. Al ser inductiva parte de la recolección de datos específicos para generar conocimiento general. Se busca comprender el fenómeno de la relación entre la planificación urbana y el agua a partir del análisis del caso específico de Atlacomulco de Fabela, México.

El diseño metodológico propuesto aporta un camino de análisis de datos cualitativos obtenidos a través de entrevistas semiestructuradas y grupos focales con actores clave del sector público, la ciudadanía, la academia, el sector privado y organizaciones de la sociedad civil, para responder a la pregunta ¿Cómo debe ser la planeación hídrica pluvial para un Desarrollo Urbano Inteligente Sensible al Agua?

A partir de la aplicación de cuatro métodos de investigación principales se logró establecer las fases y estrategias del mencionado estilo de planeación; el cual es base del modelo de Desarrollo Urbano Inteligente Sensible al Agua (DUISA) para el estudio de caso de Atlacomulco de Fabela, México.

Los métodos utilizados y sus aportaciones son:

-Teoría Fundamentada: este método se empleó para la construcción del modelo a partir de los datos recopilados. Se utilizó la hermenéutica crítica en las fases de recopilación de información, propuesta de dimensiones e indicadores, diseño de lineamientos y desarrollo del modelo. La hermenéutica crítica permitió la reflexión sobre la teoría de la planeación urbana en México y el Estado de México, contrastando y relacionando las variables para obtener conclusiones epistemológicas sobre la relación entre la planeación urbana y el agua. Este enfoque crítico permitió develar las estructuras de poder, las relaciones sociales y los valores que han moldeado la gestión del agua en la planeación urbana, abriendo la posibilidad

de transformar las prácticas actuales hacia un modelo más sostenible e integrado. Se emplearon esquemas de relación como líneas de tiempo y diagramas de Venn.

-Método Histórico Comparativo: este método se aplicó en el análisis de los instrumentos normativos de planeación urbana e hídrica en México, así como para comprender los criterios que determinaron la planeación urbana del caso de estudio. Se analizó el desarrollo urbano de Atlacomulco de Fabela desde el Siglo XX hasta la actualidad, contrastándolo con los instrumentos aplicados en el mismo periodo y las metodologías utilizadas.

-Superposición de Capas (Overlay-Mapping): Esta herramienta se utilizó para generar cartografía que permitiera la interpretación del territorio y la identificación de áreas idóneas para la infiltración de agua pluvial y para la reducción de los escurrimientos. Se superpusieron mapas con información sobre los indicadores de las dimensiones natural y física del modelo, como tipos de suelo, pendientes, cobertura vegetal y usos de suelo. Este proceso permitió identificar las zonas con mayor potencial para la implementación de estrategias de infiltración y reducción de la escorrentía, adaptando la planeación urbana hídrica pluvial a las condiciones del territorio. Se obtuvieron en este proceso dos mapas de importancia: el Mapa de Grado de infiltración y el Mapa de Infiltración en vialidades.

-Análisis del discurso: aprovecha la experiencia de los actores en cuanto a las planeaciones urbana e hídrica para evidenciar las fortalezas, debilidades y oportunidades para la correcta definición de la propuesta.

La operacionalización de variables en la investigación del modelo DUISA permite transformar conceptos abstractos en elementos medibles y observables, facilitando el análisis y la evaluación de la inteligencia y sensibilidad al agua en una ciudad. Este proceso descompone las dimensiones del modelo DUISA en subdimensiones, indicadores e índices, estableciendo una escala categórica ordinal que permite valorar el estado actual de la ciudad en relación con el agua.

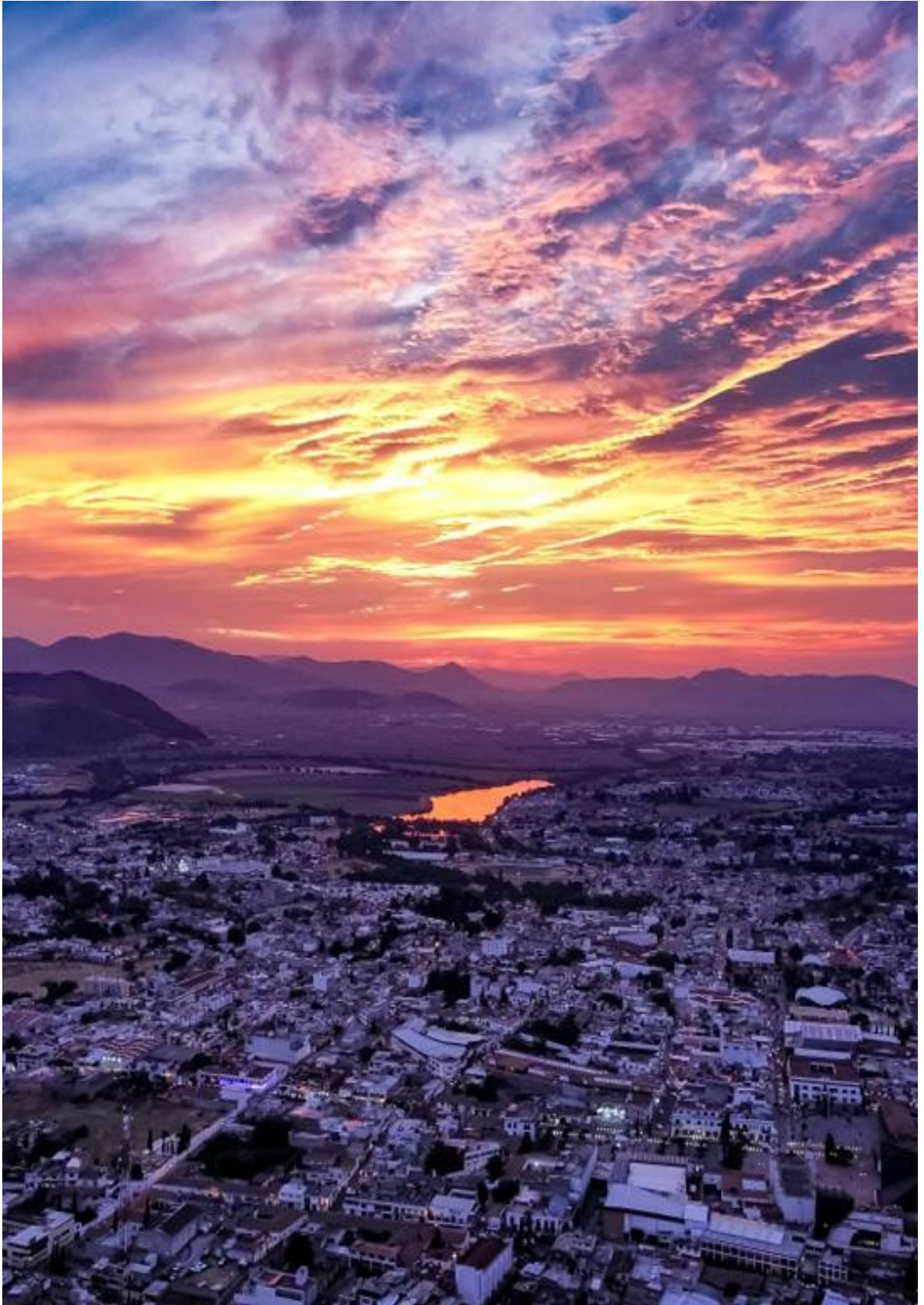
Son cuatro las dimensiones propuestas para esta valoración: natural, física espacial,

instrumental y social. Estas dimensiones se basan en la idea de que la gestión del agua en una ciudad debe considerar tanto los aspectos naturales del territorio como las intervenciones humanas, así como la planificación y la participación ciudadana. A su vez, las dimensiones no son independientes entre sí, sino que están interrelacionadas. La intervención en una dimensión puede tener efectos en las demás. Por ejemplo, la implementación de sistemas de captación de agua de lluvia (dimensión física espacial) puede contribuir a reducir el consumo per cápita (dimensión social) y mejorar la gestión hídrica (dimensión instrumental).

La transición hacia un modelo DUISA requiere una visión integral que considere las cuatro dimensiones de forma conjunta. La intervención debe ser planificada y coordinada, involucrando a los diferentes actores de la ciudad.

El principal resultado de la operacionalización de variables es la creación de una matriz de evaluación. Esta matriz permite analizar el caso de estudio, Atlacomulco de Fabela, México, identificando sus fortalezas, debilidades y oportunidades en relación con la gestión inteligente del agua. A partir de este análisis, se pueden definir las estrategias y fases del modelo DUISA. La operacionalización de variables permite pasar de la teoría a la práctica, creando un modelo aplicable, y aporta al modelo DUISA los siguientes elementos:

- Clarificación conceptual: se define con precisión cada dimensión y subdimensión del modelo, evitando ambigüedades y facilitando la comprensión de su estructura.
- Medición y evaluación: permite medir el grado de inteligencia y sensibilidad al agua de una ciudad a través de indicadores e índices específicos.
- Identificación de áreas de mejora: a través de la matriz de evaluación, se pueden identificar las áreas donde la ciudad necesita mejorar su gestión del agua.
- Diseño de estrategias locales: la información obtenida de la matriz de evaluación sirve como base para diseñar estrategias y fases específicas para el modelo DUISA, adaptándolo a las necesidades y características de cada ciudad.



Capítulo 5. Lineamientos para el diseño del Modelo de Desarrollo Urbano Inteligente Sensible al Agua para Atlacomulco de Fabela, México

Para responder la pregunta sobre ¿Cuáles deben ser los lineamientos de la planeación urbana hídrica pluvial que construyan el modelo de Desarrollo Urbano Inteligente Sensible al Agua? Este quinto capítulo tiene como objetivo delinear los lineamientos de la planeación urbana hídrica pluvial que construya el modelo de Desarrollo Urbano Inteligente Sensible al Agua. Estos lineamientos son producto del procesamiento de información cualitativa a través de la matriz de evaluación, la superposición de capas y el análisis del discurso. Estos procesos se describen en el capítulo 4 “Diseño metodológico para la investigación y el objeto de estudio”.

5.1 Matriz de evaluación de la inteligencia y sensibilidad al agua del caso de estudio

Con la matriz de evaluación se valoran los 24 (veinticuatro) indicadores (Tabla 26) considerando la información de la caracterización del caso de estudio y según sea su nivel; bajo, medio o alto. A partir de esto se obtiene una valoración primera acerca de la inteligencia y sensibilidad al agua que tiene Atlacomulco de Fabela, México.

Se tiene un 50% de indicadores en un nivel bajo, un 42% de indicadores en un nivel medio y un 8% en un nivel alto (Figura 75 y Figura 76), lo que revela que la inteligencia y sensibilidad al agua del caso de estudio se encuentra en un nivel bajo. Se hacen notorios de igual forma los indicadores (nivel bajo y medio) en los que se tienen que generar estrategias para establecerse en el modelo y transitar hacia el nivel alto que sería el óptimo.

1.Tipo de suelo	9. Red pluvial	17.Reducción del riesgo de inundación
2.Textura del suelo	10.Pavimentos	18.Normativa sobre planeación urbana
3.Cobertura vegetal	11.Usos de suelo	19.Ordenamiento territorial hídrico
4.Pendientes	12.Conexión con la traza urbana	20.Consumo per cápita

5.Rocas y dureza	13.Gestión hídrica5	21.Disponibiidad per cápita
6.Puntos de agua	14.Inteligencia con respecto al agua	22.Grado tecnológico
7.Calidad del agua subterránea	15.Normativa sobre agua	23.Grado de participación ciudadana
8.Intensidad de precipitación	16.Plan municipal de desarrollo urbano	24. Cultura del agua

Tabla 26 Indicadores para la matriz de evaluación de la inteligencia y sensibilidad al agua
Fuente: Elaboración propia S.C.R.M (2024).

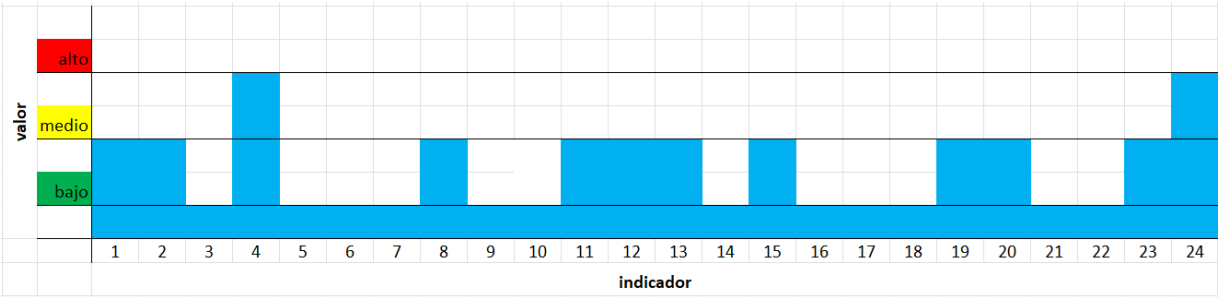


Figura 75 Matriz de evaluación de la inteligencia y sensibilidad del agua del caso de estudio Atlacomulco de Fabela, México
Fuente: Elaboración propia S.C.R.M (2024).

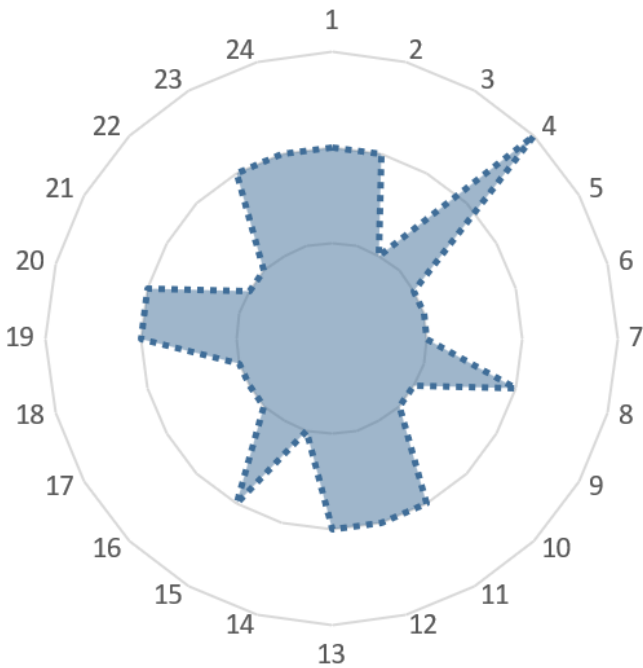


Figura 76 Gráfico radial de la evaluación de la inteligencia y sensibilidad del agua del caso de estudio Atlacomulco de Fabela, México
Fuente: Elaboración propia S.C.R.M (2024).

5.2 Superposición de capas para análisis de las dimensiones natural y física

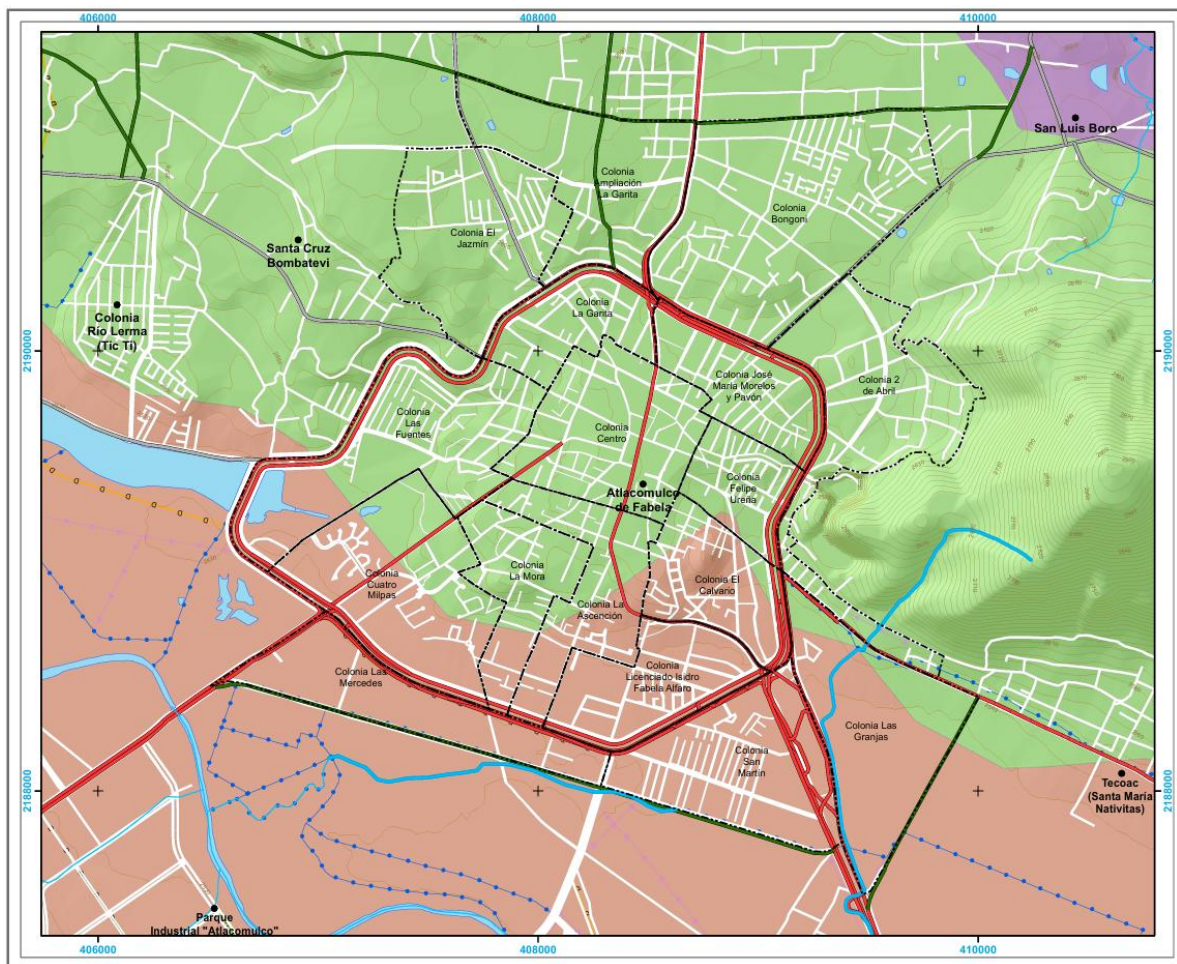
Se presenta la cartografía generada a partir de los indicadores seleccionados de las dimensiones natural y física, su interpretación individual en cuanto al caso de estudio; Atlacomulco de Fabela, México y finalmente las dos etapas de superposición realizadas.

5.2.1 Tipo y textura del suelo

Predomina con un 65.19% el tipo phaeozem con textura franco-limoso (media) que resulta equilibrado en el contenido de arena, arcilla y limo. Este es un valor medio en la matriz. Le sigue el tipo Fluvisol con textura arenosa (gruesa) con un 34.81%. No existe el tipo vertisol / andosol con textura arenosa (gruesa) (Tabla 27 y Figura 77).

Edafología			
Tipo y textura del suelo		Área (Ha.)	%
phaeozem	franco (limoso) (media)	515.35	65.19
planosol / fluvisol	arcilloso (fina)	275.17	34.81
vertisol / andosol	arenoso (gruesa)	0.0	0.00

Tabla 27 Tipo y textura del suelo en el caso de estudio Atlacomulco de Fabela, México
Fuente: Elaboración propia S.C.R.M (2024).



Edafología

- Planosol (1)
- Phaezem (2)
- Vertisol (3)

Figura 77 Mapa de tipo y textura del suelo del caso de estudio Atlacomulco de Fabela, México

Fuente: Elaboración propia S.C.R.M (2024).

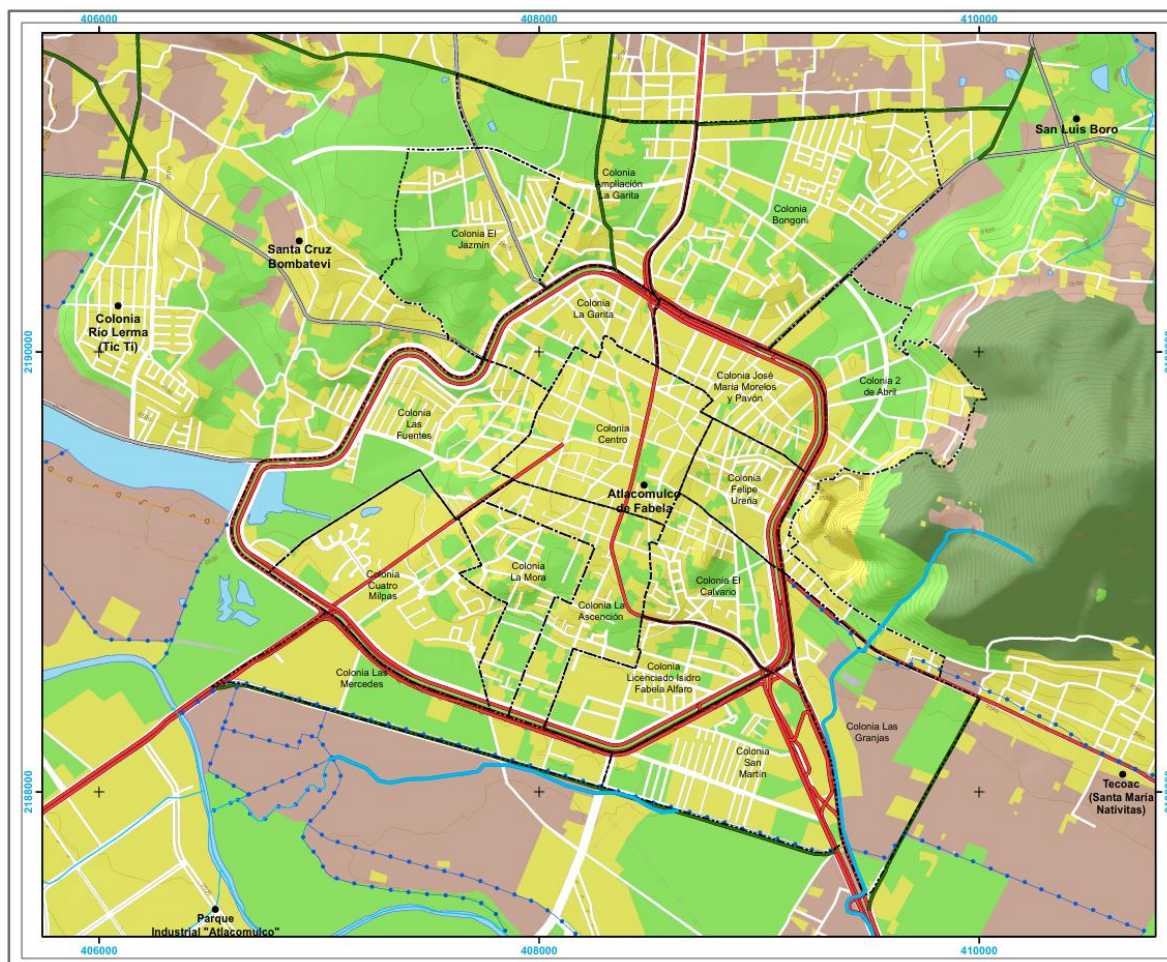
5.2.2 Cobertura vegetal

Predomina con un 67.16% la cobertura agrícola / zona urbana considerada “sin cobertura”. Representa un valor bajo en la matriz. Le sigue el pastizal o cobertura mediana con un 32.71%. Y finalmente el bosque o cobertura total con un 0.09% (Tabla 28 y Figura 78).

Edafología		
Cobertura vegetal	Área (Ha.)	%
agrícola / zona urbana (sin cobertura)	530.89	67.16
pastizal (mediana cobertura)	258.60	32.71
bosque (cobertura total)	0.69	0.09

Tabla 28 Tipo y textura del suelo en el caso de estudio Atlacomulco de Fabela, México

Fuente: Elaboración propia S.C.R.M (2024).



Cubierta vegetal

- Bosque , cobertura total
- Pastizal, mediana cobertura
- Asentamientos humanos, sin cobertura
- Agrícola, sin cobertura

Figura 78 Mapa de cobertura vegetal del caso de estudio Atlacomulco de Fabela, México

Fuente: Elaboración propia S.C.R.M (2024).

5.2.3 Pendientes

Predomina la baja inclinación (0-5%) con 63.90%. Representa un valor alto en la matriz. Sigue la moderadamente inclinada (5-30%) con 32.71%. Y finalmente, las muy inclinadas (>30%) con 0.57% (Tabla 29 y Figura 79).

Topografía		
Pendientes	Área (Ha.)	%
baja inclinación (0-5%)	505.17	63.90
moderadamente inclinadas (5-30%)	258.60	32.71
muy inclinadas (>30 %)	4.50	0.57

Tabla 29 Pendientes en el caso de estudio Atlacomulco de Fabela, México

Fuente: Elaboración propia S.C.R.M (2024).

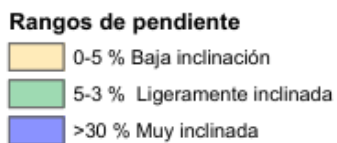
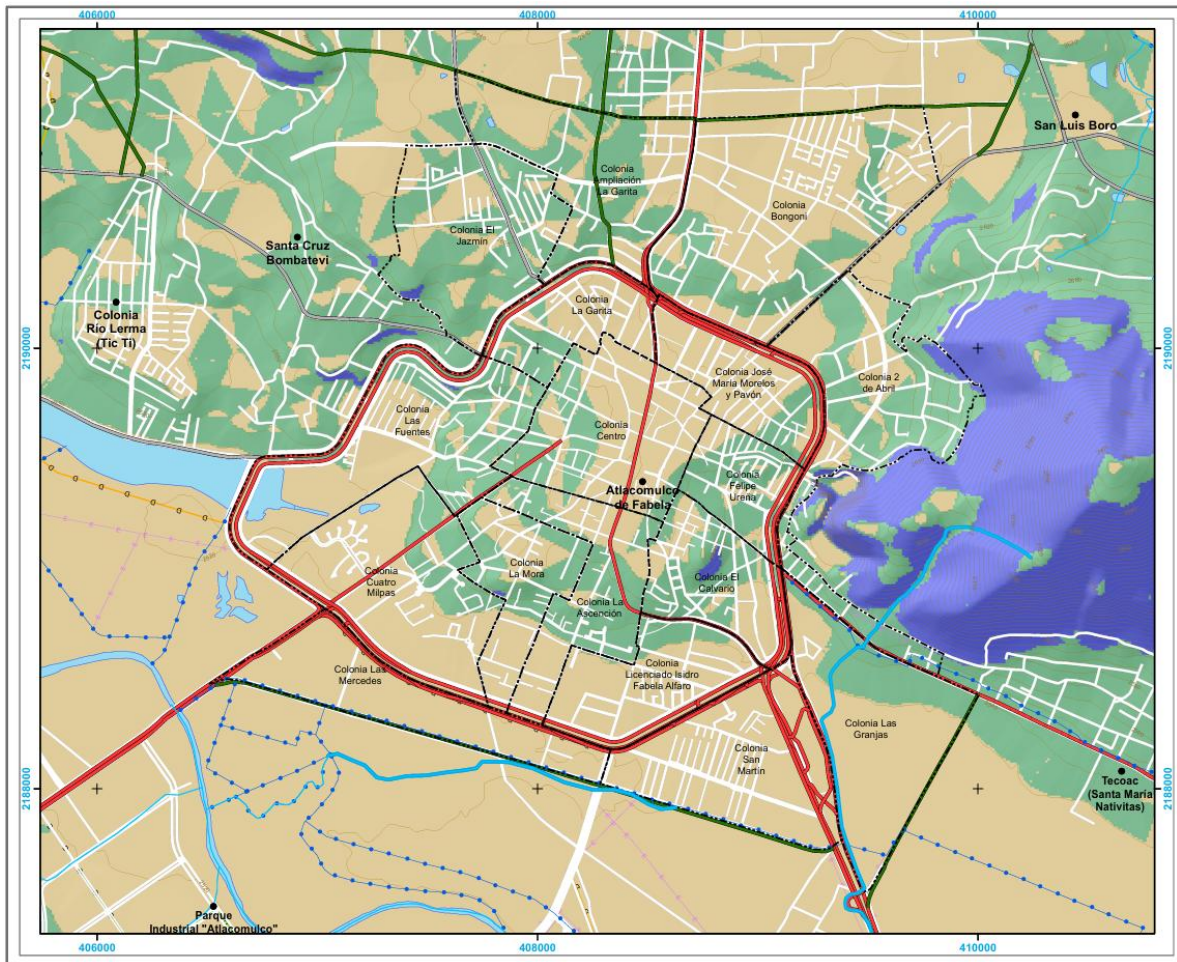


Figura 79 Mapa de pendientes del caso de estudio Atlacomulco de Fabela, México

Fuente: Elaboración propia S.C.R.M (2024).

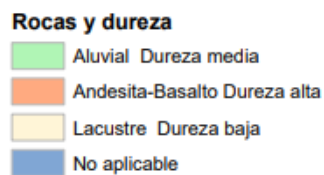
5.2.4 Rocas y dureza

Predomina la roca andesita-basalto con dureza alta con 76.22%. Representa un valor bajo en la matriz. Le sigue la roca aluvial con dureza media con 13.77% y finalmente, la lacustre con dureza baja con 10.01% (Tabla 30 y Figura 80).

Litología		
Rocas y dureza	Área (Ha.)	%
andesita-basalto (dureza alta)	602.56	76.22
aluvial (dureza media)	108.83	13.77
lacustre (dureza baja)	79.13	10.01

Tabla 30 Litología en el caso de estudio Atlacomulco de Fabela, México

Fuente: Elaboración propia S.C.R.M (2024).



Fuente: Elaboración propia S.C.R.M (2024).

Pozo	Ubicación
4 y 5	Parque recreativo Las Fuentes
501 y 503	Zona industrial Atlacomulco
Tic ti	Colonia Tic ti
Santa Bárbara	Rancho Santa Bárbara
Bicentenario	Salida a Toluca

Fuente: Elaboración propia S.C.R.M (2024).

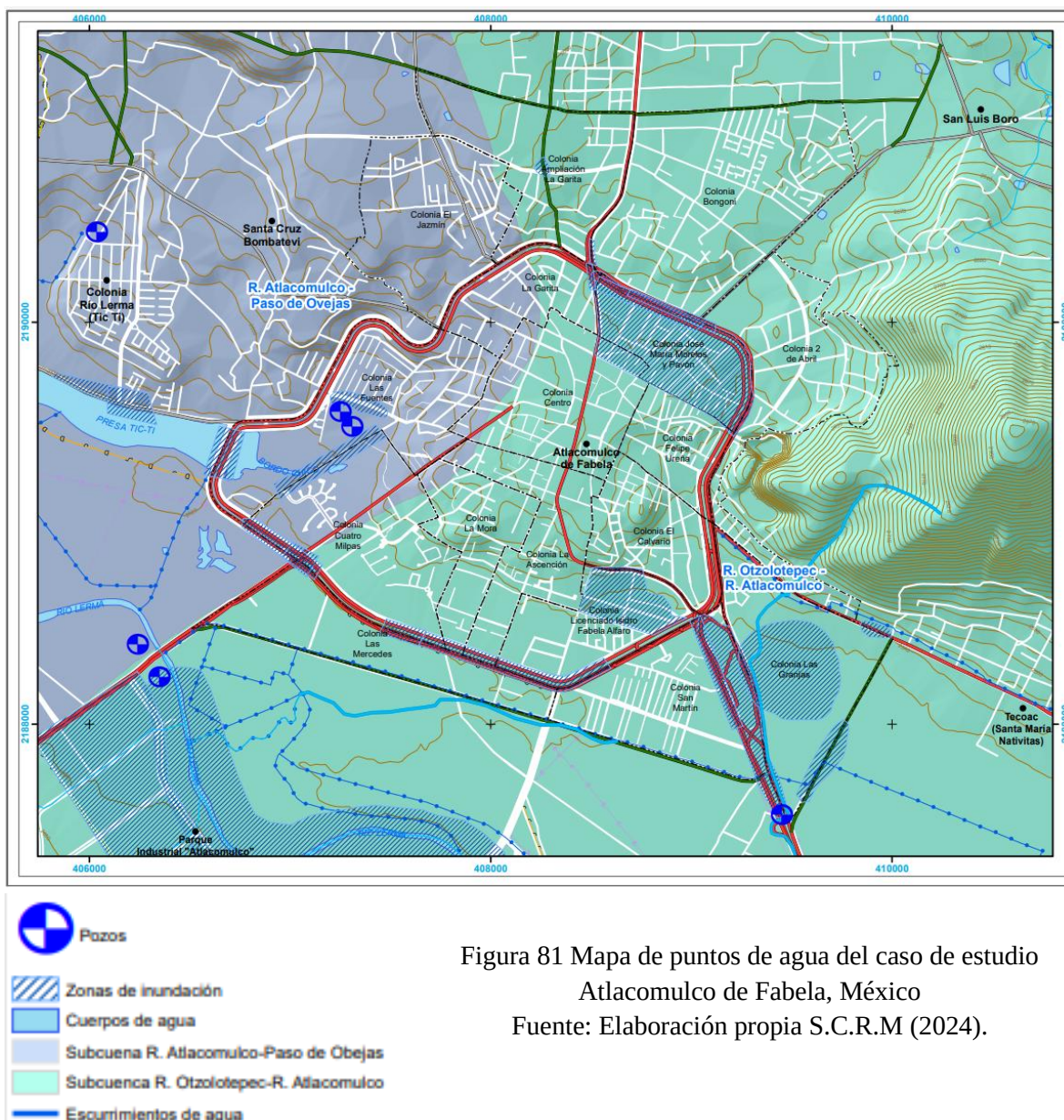


Figura 81 Mapa de puntos de agua del caso de estudio
Atlacomulco de Fabela, México
Fuente: Elaboración propia S.C.R.M (2024).

5.2.6 Usos de suelo

Predomina el habitacional con 62.89%. Representa un valor medio en la matriz. Le sigue el no urbanizable con 36.66% y finalmente el industrial con 0.46% (Tabla 32 y Figura 82).

Morfología urbana		
Usos de suelo	Área (Ha.)	%
habitacional	497.12	62.89
no urbanizable	289.77	36.66
industrial	3.63	0.46

Tabla 32 Litología en el caso de estudio Atlacomulco de Fabela, México
Fuente: Elaboración propia S.C.R.M (2024).

En el uso de suelo habitacional, según se describe en el Plan Municipal de Desarrollo Urbano actual del caso de estudio, se considera la mezcla de servicios y equipamientos de recreación; así como áreas verdes. Los usos de suelo habitacionales con esas características son los siguientes (Tabla 33):

Clave	Tipo de uso	Características
H400A	HABITACION AL DENSIDAD 400	Habitacional mezclado con servicios financieros; comercio y servicios de cobertura básica, servicios financieros, servicio de vehículos y maquinaria en general, tiendas de autoservicio, equipamientos de educación básica, recreación y deporte, así como centros comerciales
H200C	HABITACION AL DENSIDAD 200	Habitacional mezclado con comercio y servicios de cobertura básica y especializados; establecimientos con servicio de alimentos sin venta de bebidas alcohólicas y de moderación; instalaciones hoteleras; equipamientos de educación, cultura, recreación, deportes, comercio y servicios
H250C	HABITACION AL DENSIDAD 250	Habitacional mezclado con oficinas; servicios financieros; comercio y servicios de cobertura básica y especializados; establecimientos para el servicio de vehículos; centros comerciales; mercados; establecimientos con servicio de alimentos sin venta de bebidas alcohólicas y de moderación; restaurantes en general; equipamientos de salud, educación, cultura, recreación, deportes, comercio y servicios; instalaciones hoteleras; estacionamientos; instalaciones de telecomunicaciones; impresión de periódicos, libros, revistas y similares; billetes de lotería, timbres y folletos; así como obras de infraestructura
H400C	HABITACION AL DENSIDAD 400	Habitacional mezclado con servicios financieros; comercio y servicios de cobertura básica, servicios financieros, servicio de vehículos y maquinaria en general, tiendas de autoservicio, equipamientos de educación básica, recreación y deporte, así como centros comerciales
H500C	HABITACION AL DENSIDAD 500	Habitacional mezclado con comercio y servicios financieros; comercio y servicios de cobertura básica, servicios financieros, servicio de vehículos y maquinaria en general, tiendas de autoservicio, equipamientos de educación básica, recreación y deporte, así como centros comerciales
CU200 A	CENTRO URBANO DENSIDAD 200	Habitacional mezclado con oficinas, bancos, establecimientos de productos y servicios básicos y especializados, establecimientos de materiales y apoyo a la construcción, comercios especializados para compra, renta y reparación de vehículos, mercados, centros de abasto, bodegas y depósitos múltiples con o sin venta directa al público, centros comerciales, establecimientos con servicios de alimentos con o sin bebidas alcohólicas, servicios de salud, equipamientos educativos, instalaciones para espectáculos, la recreación y los deportes, áreas verdes, instalaciones para el transporte, instalaciones de comunicaciones
CRU25 0A	CORREDOR URBANO DENSIDAD	Habitacional mezclado con oficinas, servicios financieros, establecimientos de productos y servicios básicos y especializados, establecimientos de materiales y apoyo a la construcción, establecimientos para el servicio de vehículos, centros comerciales, mercados, bodegas y depósitos múltiples con venta

Clave	Tipo de uso	Características
	250	directa al público, establecimientos con servicios de alimentos con o sin bebidas alcohólicas, servicios de salud, equipamientos educativos, instalaciones para espectáculos, la recreación y los deportes, área verdes, instalaciones hoteleras, instalaciones para el transporte, instalaciones para las comunicaciones
CRUM X200A	CORREDOR URBANO DENSIDAD 200	Habitacional mezclado con oficinas, servicios financieros, establecimientos de productos y servicios básicos y especializados, establecimientos de materiales y apoyo a la construcción, establecimientos para el servicio de vehículos, centros comerciales, mercados, bodegas y depósitos múltiples con venta directa al público, establecimientos con servicios de alimentos con o sin bebidas alcohólicas, servicios de salud, equipamientos educativos, instalaciones para espectáculos, la recreación y los deportes, área verdes, instalaciones hoteleras, instalaciones para el transporte, instalaciones para las comunicaciones

Tabla 33 Usos de suelo habitacionales.

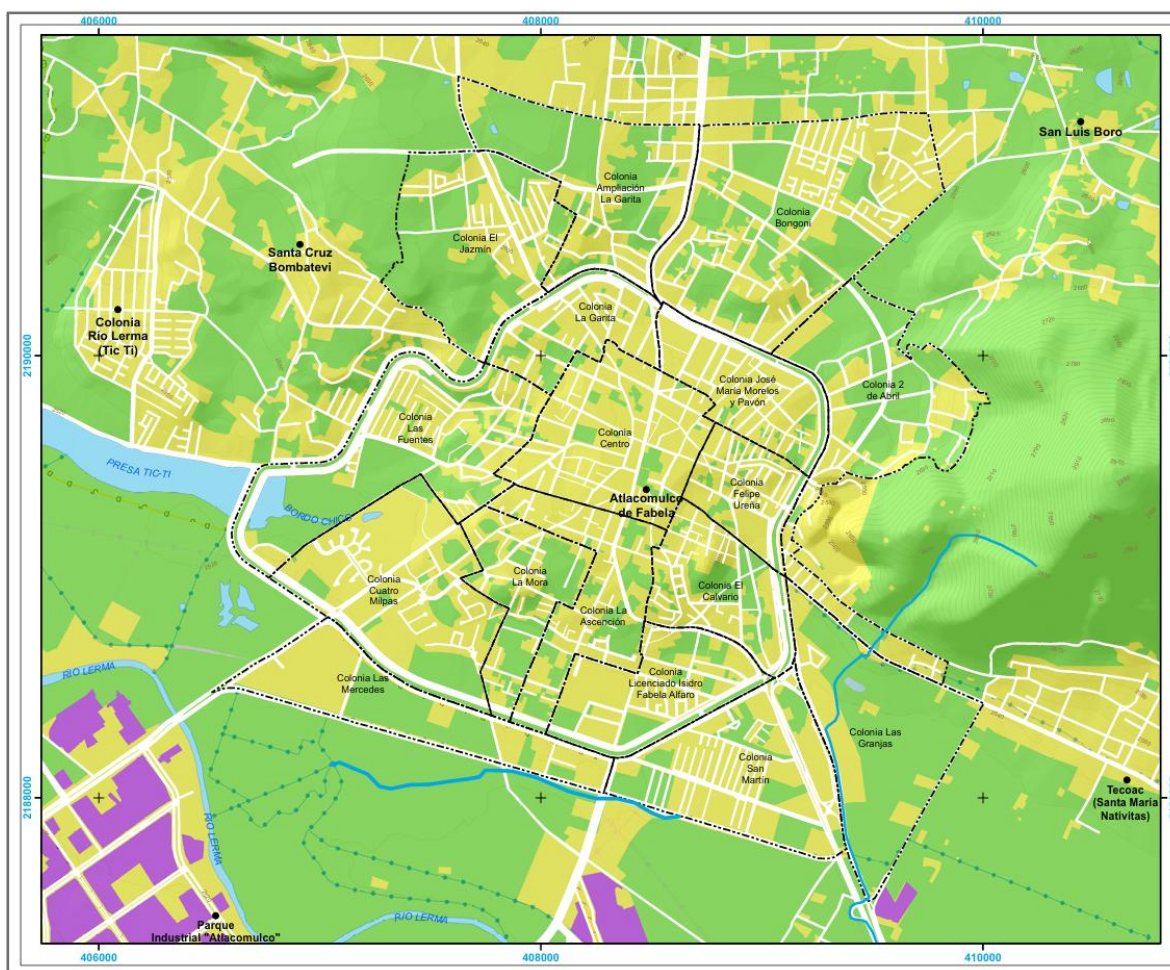
Fuente: Elaboración propia S.C.R.M (2024) con base en Plan Municipal de Desarrollo Urbano de Atlacomulco 2011.

En el uso de suelo no urbanizable, según se describe en el plan municipal de desarrollo urbano actual del caso de estudio, se consideran (Tabla 34):

Clave	Tipo de uso	Características
N BOS	BOSQUE	Aprovechamiento forestal, esta zona está dedicada a la preservación del medio ambiente natural como parte del desarrollo ecológico del lugar
N PAS	PASTIZAL	Es un área en la cual no está permitido ningún tipo de uso urbano. Esta zona está dedicada a la actividad pecuario-pastoreo, así como a la preservación del medio ambiente natural como parte del desarrollo ecológico del lugar
N PAR	PARQUE NATURAL	Es un área en la cual no está permitido ningún tipo de usos de suelo urbano. Esta zona está dedicada a la preservación del medio ambiente natural como parte del desarrollo ecológico del lugar
N BAR	BARRANCA	Es un área en la cual no está permitido ningún tipo de usos de suelo urbano. Esta zona está dedicada a la preservación del medio ambiente natural como parte del desarrollo ecológico del lugar
APE	ÁREA DE PRESERVACIÓN ECOLÓGICA	Es un área en la cual no está permitido ningún tipo de usos de suelo urbano. Esta zona está dedicada a la preservación del medio ambiente natural como parte del desarrollo ecológico del lugar
CA	CUERPOS DE AGUA	Estas zonas están constituidas por bordos, presas, lagos y lagunas que se destinaran para el aprovechamiento de las actividades agropecuarias, la cría de especies de peces, recarga de los mantos acuíferos, los usos habitacionales están completamente restringidos.

Tabla 34 Usos de suelo no urbanizables

Fuente: Elaboración propia S.C.R.M (2024) con base en Plan Municipal de Desarrollo Urbano de Atlacomulco 2011.



Usos de suelo

- Habitacional
- Industrial
- No urbanizado
- Cuerpos de agua

Figura 82 Mapa de usos de suelo del caso de estudio Atlacomulco de Fabela, México

Fuente: Elaboración propia S.C.R.M (2024).

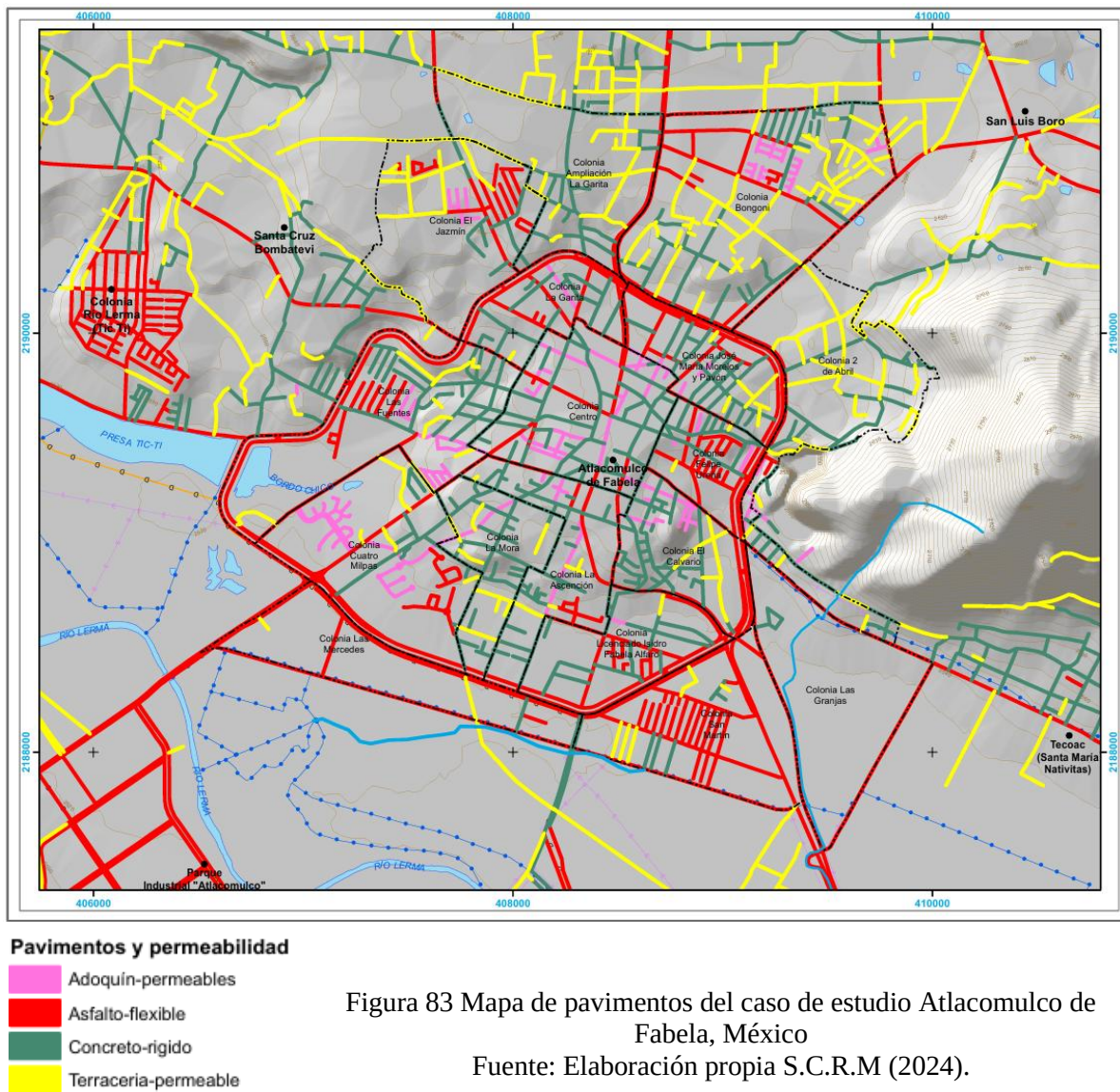
5.2.7 Pavimentos

Predomina el pavimento flexible con 42.68%. Esto representa un valor bajo en la matriz. Le sigue el permeable con 30.27% y finalmente el rígido con 27.04% (Tabla 35 y Figura 83).

Infraestructura pluvial		
Pavimentos	Área (Ha.)	%
flexible (asfalto)	79.12	42.68
permeable (concreto permeable, articulados, terracería)	56.12	30.27
rígido (concreto hidráulico)	50.13	27.04

Tabla 35 Pavimentos en el caso de estudio Atlacomulco de Fabela, México

Fuente: Elaboración propia S.C.R.M (2024).



5.2.8 Primera etapa de la superposición de capas: Mapa de Grado de Infiltración para Atlacomulco de Fabela, México

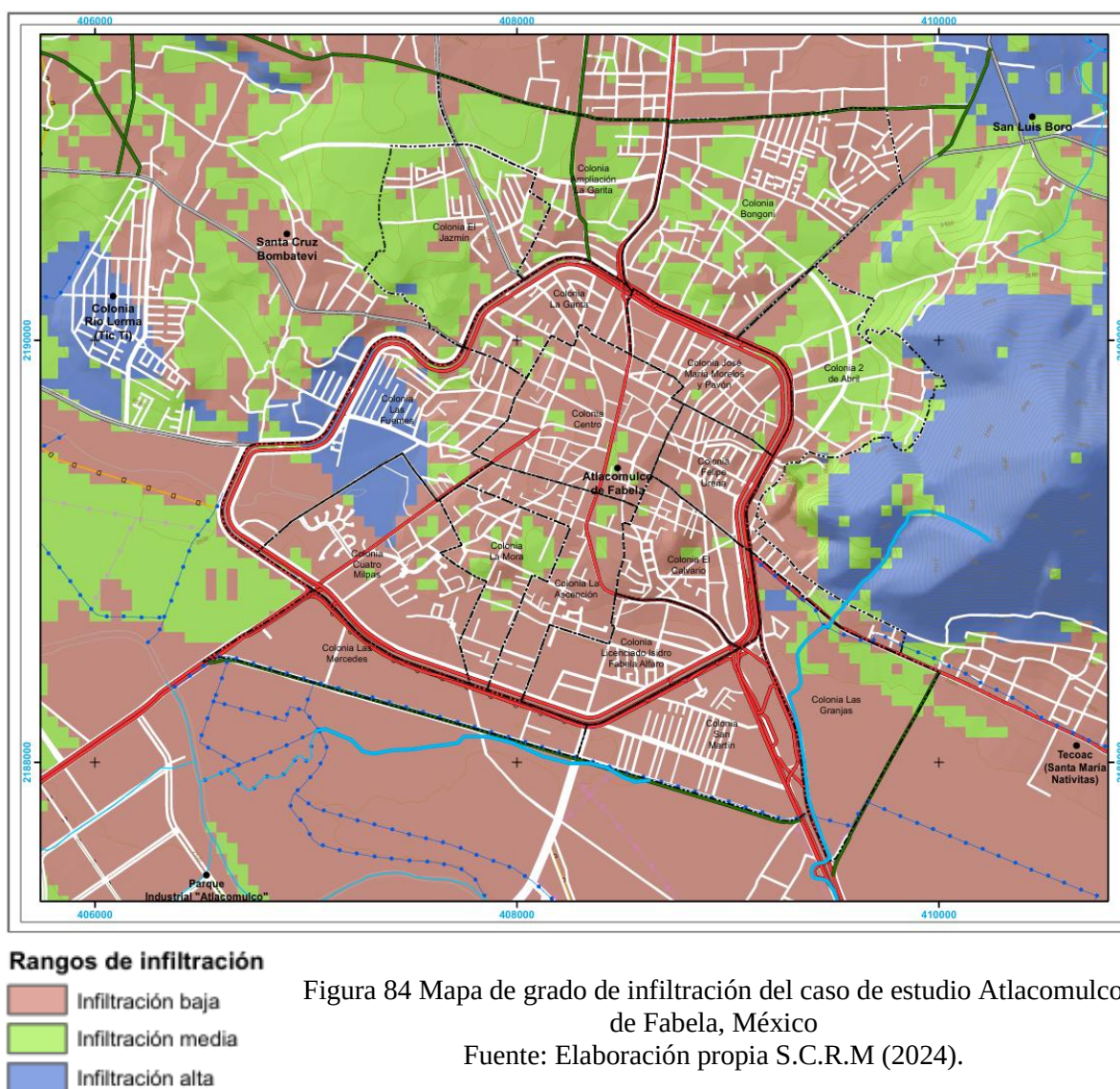
En la primera etapa de superposición de capas (tipo y textura de suelo, cobertura vegetal, pendientes, litología, usos de suelo y puntos de agua), se obtuvo el primer mapa de Grado de Infiltración para Atlacomulco de Fabela, México (Tabla 36 y Figura 84). Este mapa contribuye a la definición de estrategias de intervenciones y proyectos urbanos que aprovechen las condiciones del territorio y favorezcan la infiltración del agua pluvial a los mantos acuíferos para su recarga, las cuales serán también parte del

modelo. Predomina el grado de infiltración medio, lo que representa un área óptima para fortalecer y aprovechar esta fase del ciclo del agua. El mayor porcentaje corresponde al Grado de infiltración medio con 73.49%.

1ra etapa superposición de capas		
Grado de infiltración	Área (Ha.)	%
Infiltración media	580.92	73.49
Infiltración baja	176.33	22.31
Infiltración alta	33.28	4.21

Tabla 36 Grado de infiltración en el caso de estudio Atlacomulco de Fabela, México

Fuente: Elaboración propia S.C.R.M (2024).



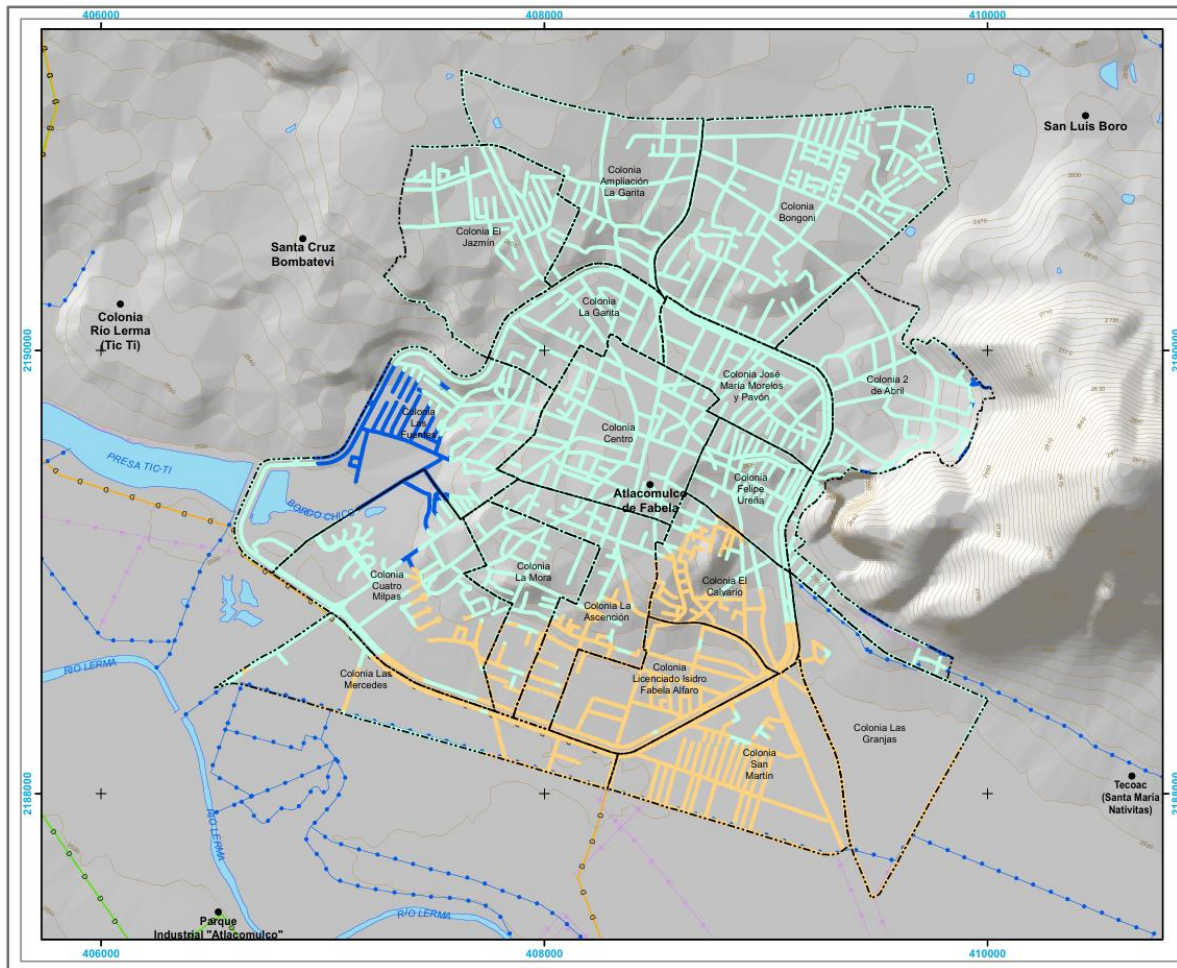
5.2.9 Segunda etapa de la superposición de capas: Mapa de Infiltración en Vialidades para Atlacomulco de Fabela, México

En la segunda etapa de superposición de capas (mapa grado de infiltración y pavimentos), se obtuvo el primer mapa de Grado de Infiltración en vialidades para Atlacomulco de Fabela, México (Tabla 37 y Figura 85).

Este mapa contribuye a la definición de estrategias de intervenciones y proyectos urbanos que aprovechen estas condiciones y reduzcan los riesgos de inundación, las cuales serán también parte del modelo. Predomina el grado de infiltración medio con 73.10%.

2da etapa superposición de capas		
Grado de infiltración	Área (Ha.)	%
Infiltración media	559.68	73.10
Infiltración baja	174.49	22.79
Infiltración alta	31.50	4.11

Tabla 37 Grado de infiltración en vialidades en el caso de estudio Atlacomulco de Fabela, México
Fuente: Elaboración propia S.C.R.M (2024).



Grado de infiltración



Figura 85 Mapa de Infiltración en vialidades del caso de estudio Atlacomulco de Fabela, México
Fuente: Elaboración propia S.C.R.M (2024).

5.2 Análisis del discurso para las dimensiones social e instrumental

Se presentan las nubes de palabras generadas a partir de los códigos y categorías obtenidos en el análisis del discurso. La nube de palabras ayuda a identificar rápidamente los temas más frecuentes y relevantes en las percepciones los actores en relación con las categorías y códigos. Se analizan primero las categorías y posteriormente los actores.

5.3.1 Análisis por categorías

Las categorías analizadas son las correspondientes a las subdimensiones de las dimensiones social e instrumental; las cuales son: planeación hídrica-planetaria, planeación urbana y relación ciudadano-agua.

a) Planeación urbana hídrica planetaria

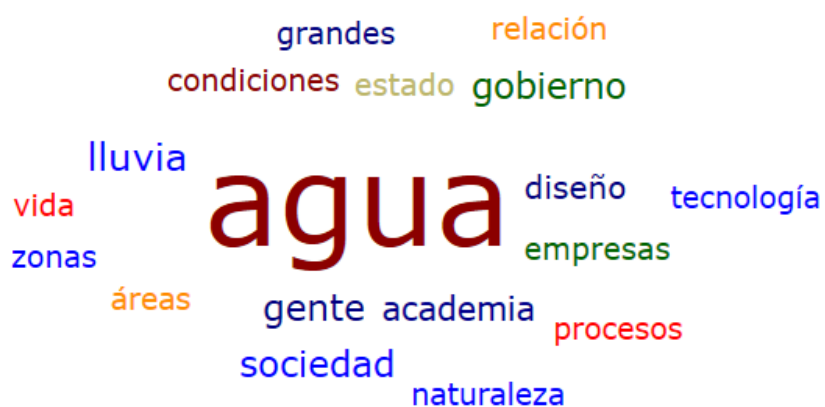


Figura 86 Nube de palabras categoría Planeación hídrica planetaria

Fuente: Elaboración propia S.C.R.M (2024).

Los actores coinciden en que la planeación hídrica planetaria es fundamental para el Desarrollo Urbano Inteligente Sensible al Agua; ya que permite un uso eficiente del agua, reduce los riesgos de inundaciones y escasez, y mejora la calidad de vida de los habitantes de las ciudades. Resaltan varios puntos clave con respecto a su importancia (Figura 86):

- Las ciudades, con su impermeabilización del suelo, han roto el ciclo natural del agua, impidiendo la infiltración y la recarga de los acuíferos, y generando problemas como inundaciones y escasez del recurso.
- Se requiere un cambio de paradigma en la forma en que se concibe y planifica el desarrollo urbano, incorporando el ciclo del agua como un elemento central.
- Se debe implementar una gestión integrada del agua de lluvia, considerando la captación, el almacenamiento, el tratamiento y la reutilización, así como la infiltración para la recarga de acuíferos.
- La falta de recarga de los acuíferos por la falta de infiltración, sumada a la sobreexplotación de estos, está llevando a una disminución en la disponibilidad del agua.

- Se destaca la importancia de implementar soluciones basadas en la naturaleza, como jardines de lluvia, humedales artificiales y techos verdes, para recuperar la funcionalidad del ciclo hidrológico en las ciudades.
- La mezcla de aguas pluviales con aguas residuales contamina el agua de lluvia, impidiendo su aprovechamiento.
- Es necesario actualizar la normatividad y los reglamentos de construcción para que se integre la gestión del agua pluvial, y asegurar su correcta aplicación a través de la vigilancia y el control.
- Se resalta el papel fundamental de la educación y la concientización ciudadana para fomentar el uso responsable del agua y la participación en la gestión del recurso.
- El gobierno tiene la responsabilidad de liderar este proceso, estableciendo políticas públicas, normativas y programas de incentivos para la gestión del agua pluvial.
- Se requiere la colaboración entre el gobierno, la ciudadanía, la iniciativa privada y la academia para lograr una gestión eficiente del agua en las ciudades.
- La tecnología puede ser una herramienta valiosa para mejorar la gestión del agua en las ciudades, a través de sistemas de monitoreo, control y automatización.

b) Planeación urbana



Figura 87 Nube de palabras categoría Planeación urbana
Fuente: Elaboración propia S.C.R.M (2024).

Los actores coinciden en que la planeación urbana actual presenta diversas deficiencias que la hacen ineficaz para afrontar los retos de las ciudades del Siglo XXI. Es necesario un

cambio de paradigma que incorpore un enfoque más integral, sostenible y participativo, con un especial énfasis en la gestión del agua como un elemento clave para el desarrollo urbano.

Destacan que en el proceso de la planeación urbana resalta la importancia de la sociedad como primer actor, seguida del gobierno, academia y empresas.

Coinciden en que las deficiencias de la planeación urbana, especialmente en lo que respecta a la gestión del agua, son (Figura 87):

- El modelo de planeación urbana actual en México es obsoleto, data de la década de 1970 y no ha sido actualizado para reflejar las necesidades actuales de las ciudades.
- La falta de una planeación adecuada ha generado un crecimiento urbano desordenado, con problemas de infraestructura, servicios y calidad de vida.
- Se sigue utilizando el mismo enfoque y herramientas a pesar de la complejidad creciente de los problemas urbanos.
- La formación de los futuros profesionales de la ciudad no se ha adaptado a estas nuevas realidades.
- Es necesario actualizar el modelo de planeación urbana, incorporando un enfoque más integral y sostenible, que considere la complejidad de la ciudad y las necesidades de sus habitantes.
- El marco legal que rige la planeación urbana es rígido e inflexible, lo que limita la capacidad de los planes para adaptarse a las necesidades específicas de cada municipio.
- Se establece un mismo tipo de plan para todos los municipios, sin importar su tamaño, características o problemáticas.
- A la planeación urbana se le han asignado responsabilidades que no le corresponden lo que la convierte en una herramienta ineficaz para abordar la complejidad de la ciudad.
- La planeación urbana actual se enfoca en la especulación urbana y no en el bienestar común, lo que la desconecta de las necesidades reales de los ciudadanos.
- La mayoría de las ciudades no incorporan el ciclo del agua en su planeación, lo que

genera problemas como inundaciones y escasez del recurso.

- Se prioriza la infraestructura de conducción del agua, pero no la gestión del recurso como tal.
- No se considera la importancia de la infiltración para la recarga de los acuíferos.
- La planeación urbana actual se realiza de forma vertical, sin la participación de la ciudadanía. No se aprovechan los conocimientos y experiencias de la comunidad para la toma de decisiones.
- El territorio; su análisis y comprensión, se sugiere como principio para la planeación urbana; fundamentalmente desde una visión de los ciclos naturales.

c) Relación ciudadano-agua

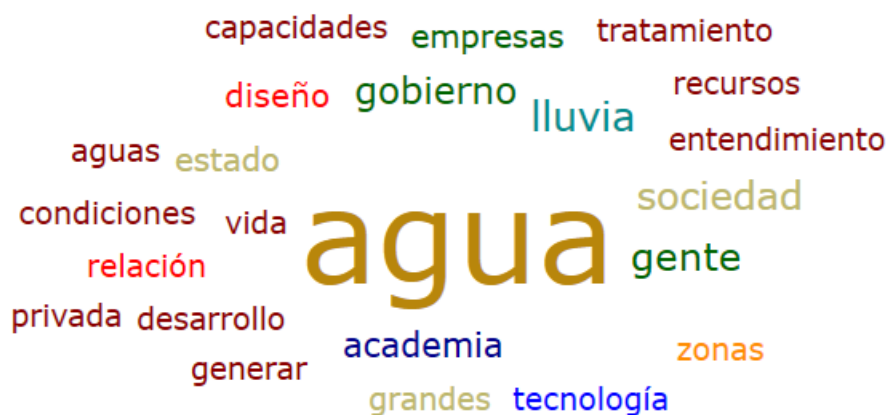


Figura 88 Nube de palabras categoría Relación ciudadano-agua
Fuente: Elaboración propia S.C.R.M (2024).

Existe un consenso en que la relación ciudadano-agua es clave para lograr una gestión sostenible del recurso hídrico en las ciudades. Se requiere un cambio de paradigma que fomente la conciencia ambiental, la participación ciudadana y la colaboración entre los diferentes actores sociales para asegurar un futuro con agua para todos. Se resalta que el recurso pluvial (lluvia) resulta muy valorado.

Coinciden en la importancia de la tecnología en el tratamiento hídrico y el diseño de sistemas que eficienten su aprovechamiento; así como el peso que tiene el sector privado al ser quienes acercan y facilitan las soluciones tecnológicas.

Algunos puntos clave obtenidos son (Figura 88):

- Existe una desconexión generalizada entre el ciudadano, el origen y la importancia del agua.
- El fácil acceso al agua potable a través de la llave y la "desaparición mágica" de las aguas residuales por el desagüe han fomentado una falsa sensación de abundancia e indiferencia hacia el ciclo del agua.
- La falta de conciencia se traduce en prácticas irresponsables como el desperdicio del agua, la contaminación de los cuerpos de agua y la indiferencia hacia la gestión del recurso.
- Se resalta la necesidad urgente de implementar programas de educación ambiental que sensibilicen a la población sobre la importancia del agua, su ciclo natural y las problemáticas derivadas de su mala gestión.
- Se propone la inclusión de la hidrología urbana en los programas educativos, especialmente en carreras como arquitectura e ingeniería.
- Se plantea la necesidad de difundir la ciencia y la tecnología relacionadas con el agua de forma accesible para el público general.
- A pesar de la falta de conciencia generalizada, se reconoce el potencial del ciudadano como agente de cambio en la gestión del agua.
- Se destaca la importancia de la participación de la ciudadanía en la planeación urbana para asegurar que los planes respondan a las necesidades reales de la comunidad y se implementen soluciones que fomenten una mejor relación con el agua.
- Se menciona la existencia de comités y grupos ciudadanos interesados en mejorar las condiciones hídricas de sus comunidades, lo cual demuestra la voluntad de la población para involucrarse en la gestión del recurso.
- Se propone empoderar a la ciudadanía para que pueda exigir a las autoridades una mejor gestión del agua, así como para que se convierta en un actor vigilante del cumplimiento de las normas y la correcta implementación de las soluciones.
- Enfatizan la necesidad de crear espacios para que la ciudadanía en los que pueda expresar sus necesidades y propuestas en relación con la gestión del agua.
- Consideran a la falta de acceso a información clara y concisa sobre la situación del

agua y las posibles soluciones como un limitante para tomar decisiones informadas y participar activamente en la gestión del recurso.

- Se reconoce que la desconfianza en las instituciones y la percepción de corrupción en el manejo del agua desincentivan la participación ciudadana. Es necesario generar confianza a través de la transparencia en el manejo del recurso y la rendición de cuentas a la sociedad.
- Existe un individualismo y falta de interés por el bien común limitan la capacidad de la sociedad para organizarse y trabajar en conjunto para la gestión del agua.
- Sugieren podrían implementarse incentivos económicos o sociales para premiar a los ciudadanos que implementen prácticas de ahorro y cuidado del agua.

5.3.2 Análisis por actores y códigos

Los actores analizados son: organizaciones de la sociedad civil, sector privado, academia, gobierno y ciudadanía; todos a partir de las categorías: planeación hídrica-pluvial, planeación urbana y relación ciudadano-agua, y de los códigos designados. La cantidad de citas encontradas según los códigos son (Tabla 38):

	Código	Citas por actor	Citas totales
1	Acciones primordiales	18	54
2	Ciudadano hidro inteligente	16	48
3	Consumo per cápita	11	33
4	Cultura del agua	18	54
5	Disponibilidad per cápita	11	33
6	Favorecimiento de infiltración	4	12
7	Gestión hídrica	17	51
8	Grado de participación ciudadana	23	69
9	Grado tecnológico	11	33
10	Inteligencia con respecto al agua	18	54
11	Normativa sobre agua	12	36
12	Normativa sobre planeación urbana	12	36
13	Ordenamiento territorial hídrico	11	33
14	Plan municipal de desarrollo urbano	7	21

La tabla continúa en la siguiente página

	Código	Citas por actor	Citas totales
15	Reducción de riesgo de inundación	4	12

Tabla 38 Cantidad de citas por código, por actor y totales

Fuente: Elaboración propia S.C.R.M (2024).

a) Planeación urbana hídrica pluvial

- Gestión hídrica:

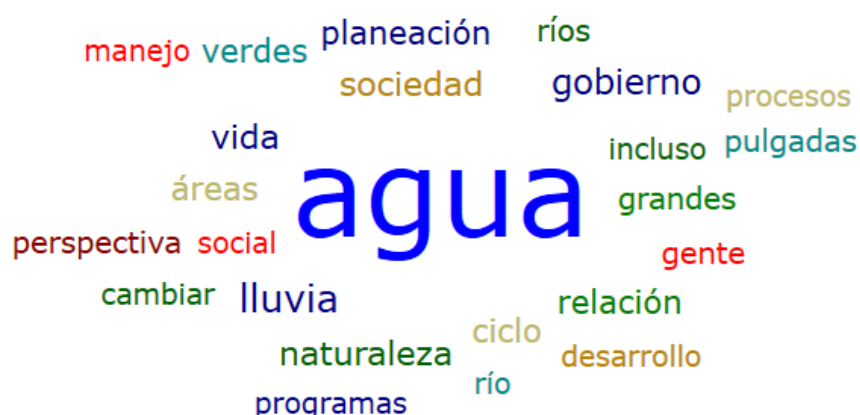


Figura 89 Nube de palabras categoría Planeación urbana hídrica pluvial código gestión hídrica

Fuente: Elaboración propia S.C.R.M (2024).

Se presenta un panorama crítico sobre la gestión hídrica en las ciudades mexicanas. Se destaca la necesidad urgente de un cambio de paradigma para lograr una gestión sostenible del agua que garantice la disponibilidad del recurso y la resiliencia de las ciudades frente a los retos del Siglo XXI. La implementación de tecnología, la recuperación del ciclo natural del agua y la participación de la ciudadanía son elementos clave para lograr este cambio de paradigma y garantizar un futuro con agua para todos.

Se considera que (Figura 89):

- El desarrollo urbano, caracterizado por la construcción de superficies impermeables ha fragmentado el ciclo natural del agua, impidiendo la infiltración y la recarga de los acuíferos. Esta impermeabilización ha provocado que los antiguos ríos y cauces naturales, ahora convertidos en calles, resurjan durante las lluvias, generando

inundaciones y encharcamientos.

- Las ciudades mexicanas se enfrentan a la obsolescencia de sus sistemas de drenaje y suministro de agua. Las redes de tuberías antiguas, con fugas y falta de mantenimiento, generan pérdidas significativas de agua potable y aumentan el riesgo de contaminación.
- Es importante la necesidad de invertir en la renovación de la infraestructura hídrica, incorporando tecnología para la detección de fugas, la sectorización del suministro y la implementación de sistemas de telemetría y control.
- Se critica la falta de un enfoque integral en la gestión del agua a nivel urbano ya que hoy en día la gestión se centra en el suministro y la distribución del agua potable, sin considerar el ciclo completo del agua, incluyendo la captación y aprovechamiento del agua pluvial, el tratamiento de aguas residuales y la recarga de los acuíferos.
- Sería importante proponer la implementación de la gestión integrada de los recursos hídricos (GIRH) como un enfoque que considere todos los aspectos del ciclo del agua, desde la fuente hasta el usuario final, y que promueva la participación de todos los actores involucrados.
- El potencial de la tecnología para mejorar la gestión del agua en las ciudades es alto. Se mencionan diversas tecnologías innovadoras, como sensores para la medición del consumo y la detección de fugas, sistemas inteligentes para el control de la distribución, y soluciones basadas en la naturaleza para la captación y tratamiento del agua pluvial.
- La tecnología por sí sola no es suficiente. Es necesario un cambio de mentalidad en los ciudadanos y las autoridades para que se adopten estas soluciones y se implementen de forma efectiva.
- Se observa una falta de conciencia sobre la importancia del agua, un desconocimiento del ciclo natural del agua y una desconexión con el origen del agua que llega a los hogares.
- Es urgente implementar programas de educación ambiental para sensibilizar a la población sobre la importancia del agua y la necesidad de un uso responsable del recurso. Se expresa la necesidad del cambio a una perspectiva social.
- El ciudadano tiene un papel fundamental como agente de cambio, capaz de exigir a

las autoridades una mejor gestión del agua e implementar soluciones a nivel individual y comunitario para un uso más eficiente y sostenible del recurso.

- Es el gobierno a través de la planeación quien determina el modelo y por tanto las acciones.

- Inteligencia con respecto al agua:

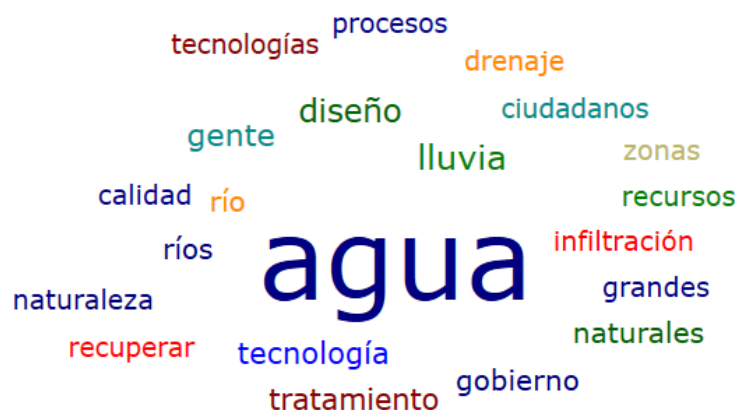


Figura 90 Nube de palabras categoría Planeación urbana hídrica pluvial código inteligencia con respecto al agua

Fuente: Elaboración propia S.C.R.M (2024).

Los actores exploran la idea de "ciudad inteligente" en relación con la gestión del agua, destacando cómo la tecnología y la participación ciudadana pueden transformar la relación de las ciudades con este recurso vital. Se observa un llamado a la acción para trascender la mera implementación tecnológica y avanzar hacia una gestión hídrica basada en la comprensión profunda del ciclo del agua, la resiliencia y la equidad social.

Se coincide en que la gestión inteligente del agua en las ciudades exige una visión integral que combine tecnología, participación ciudadana, educación ambiental, planificación urbana sostenible y una gobernanza responsable. Este enfoque holístico, basado en la comprensión del ciclo del agua y la búsqueda del bien común, es esencial.

Algunos puntos de acuerdo son (Figura 90):

- Se advierte que la "inteligencia" en la gestión del agua no se limita a la

implementación de tecnología, sino que implica un cambio de paradigma que abarque la comprensión del ciclo natural del agua, la participación ciudadana, la planificación urbana sostenible y la responsabilidad social. Se valora la lluvia como el primer recurso para la inteligencia con respecto al agua.

- Se critica la visión simplista de algunos políticos que utilizan la "ciudad inteligente" como un eslogan sin comprender su significado profundo ni implementar acciones concretas.
- Se propone un modelo escalonado para la implementación de la ciudad inteligente en países en desarrollo, comenzando con la introducción de tecnología básica, seguida por la participación ciudadana y, finalmente, la mejora de la calidad de vida y la gestión ambiental, incluyendo el agua.
- Se reconoce el potencial de la tecnología para optimizar la gestión del agua. Se mencionan ejemplos de tecnologías como: sensores, sistemas de telemetría y control para la administración eficiente de la red de distribución y aplicaciones móviles que permiten a los ciudadanos reportar fugas y problemas en la red.
- Se enfatiza la importancia de adaptar la tecnología a las condiciones específicas de cada ciudad y de fomentar la investigación y el desarrollo de tecnologías propias en lugar de depender únicamente de soluciones importadas.
- Se destaca el papel crucial de la ciudadanía en la construcción de ciudades inteligentes en relación con el agua. Se propone que los ciudadanos actúen como: informantes; reportando fugas y problemas en la red a través de aplicaciones y plataformas digitales, vigilantes; monitoreando el uso del agua en sus hogares y comunidades, y denunciando el desperdicio y la mala gestión, promotores de cambio; exigiendo a las autoridades la implementación de políticas y tecnologías para una gestión hídrica más eficiente y sostenible.
- Es necesario fomentar la comprensión del ciclo del agua, la importancia de la conservación y el impacto de las acciones individuales en el sistema hídrico.
- Se reconoce la importancia de la colaboración entre el gobierno, la academia y la iniciativa privada para impulsar la gestión inteligente del agua.
- Se espera que el gobierno implemente políticas públicas, normativas e incentivos que promuevan el uso eficiente del agua, la innovación tecnológica y la participación

ciudadana.

- Es importante que la academia investigue y desarrolle nuevas tecnologías y soluciones para la gestión del agua, adaptándolas a las condiciones locales y difundiendo el conocimiento generado.
- El papel de la iniciativa privada es contribuir con inversión, innovación e implementación de buenas prácticas en la gestión del agua dentro de sus operaciones.
- Se sugiere la importancia de la identificación de zonas de infiltración, tratamiento del recurso hídrico y modificación en el paradigma actual del drenaje urbano. Así mismo resalta la recuperación de ríos y la relevancia de la calidad del recurso.

- Normativa sobre agua:



Figura 91 Nube de palabras categoría Planeación urbana hídrica pluvial código normativa sobre agua

Fuente: Elaboración propia S.C.R.M (2024).

Los actores concuerdan en que existe un panorama complejo en cuanto a la normativa del agua en las ciudades mexicanas. Si bien se reconoce la existencia de leyes y reglamentos, se critica su falta de aplicación efectiva, su obsolescencia y la necesidad de una actualización que incorpore una visión más integral y sostenible del recurso hídrico. Se revela la necesidad de un cambio profundo en la forma en que se concibe y se aplica la normativa del agua en las ciudades mexicanas. Entre lo que destaca (Figura 91):

- Se requiere una actualización urgente de las leyes y reglamentos para que promuevan una gestión del agua más eficiente, sostenible e integrada, así como una mayor

voluntad política y social para asegurar su cumplimiento efectivo.

- Se menciona la existencia de un Reglamento de Aguas del Distrito Federal desde el año 2000, que exige la captación y reutilización del agua pluvial en grandes edificaciones. Esta normativa fue actualizada en 2019 para impulsar su aplicación y detallar los procedimientos para el tratamiento y uso del agua captada.
- A nivel estatal, se menciona una normativa para el aprovechamiento del agua pluvial, aunque se considera "no muy profunda" en comparación con la de la Ciudad de México.
- Se critica la falta de obligatoriedad en la separación de los drenajes pluvial y sanitario, lo que dificulta el aprovechamiento del agua de lluvia debido a la contaminación con aguas residuales.
- Se señala que la normatividad de CONAGUA no obliga a la separación de drenajes, lo que ha perpetuado la práctica de mezclar aguas pluviales y sanitarias, tanto en viviendas como en industrias.
- Se resalta la Ley General de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano Federal como marco para la elaboración de planes de desarrollo urbano, pero se considera insuficiente para abordar los desafíos actuales.
- Se coincide en que la principal deficiencia no radica en la falta de leyes, sino en su falta de aplicación efectiva.
- Se observa una cultura de incumplimiento por parte de ciudadanos, empresas y autoridades. Atribuyen este incumplimiento a diversos factores, como: desconocimiento de la normativa., falta de voluntad política, prioridad a la rentabilidad económica a corto plazo por encima de la sostenibilidad a largo plazo, corrupción e impunidad.
- Se menciona la necesidad de fortalecer los mecanismos de vigilancia y control para asegurar el cumplimiento de la normativa, así como de aplicar sanciones efectivas a quienes la infrinjan.
- Se propone la actualización de la normativa para adaptarla a los desafíos actuales, incorporando: el enfoque integral de la gestión del agua que considere el ciclo completo del recurso, los principios de sostenibilidad y resiliencia urbana para afrontar la crisis hídrica y el cambio climático, incentivos para la implementación de

tecnologías inteligentes en la gestión del agua, mecanismos de participación ciudadana en la toma de decisiones sobre la gestión del agua.

- Se destaca la necesidad de que la normativa promueva la separación obligatoria de drenajes, la reutilización de aguas residuales, la captación y aprovechamiento del agua pluvial, la recarga de acuíferos y la implementación de soluciones basadas en la naturaleza.
- Se reconoce la importancia de difundir la normativa existente y de educar a la población sobre su importancia y sus implicaciones.
- Se propone la creación de programas de capacitación para ciudadanos, empresas y autoridades, con el fin de promover una cultura de cumplimiento y responsabilidad en la gestión del agua.
- Se sugiere al territorio como la base de la normatividad.

b) Planeación urbana

- Favorecimiento de infiltración:



Figura 92 Nube de palabras categoría Planeación urbana código favorecimiento de infiltración

Fuente: Elaboración propia S.C.R.M (2024).

Los actores resaltan la importancia de la infiltración del agua de lluvia como un componente esencial para construir ciudades más resilientes y sostenibles en términos hídricos. Destacan la necesidad de integrar este proceso natural en la planificación urbana, implementar soluciones innovadoras y fomentar la conciencia ciudadana para revertir los efectos negativos de la impermeabilización del suelo.

Los puntos relevantes identificados son (Figura 92):

- Se enfatiza la necesidad de recuperar el ciclo hidrológico natural dentro de la ciudad, reconociendo la infiltración como un proceso clave para recargar los acuíferos y mantener el equilibrio del sistema hídrico.
- Se advierte sobre el impacto negativo de la impermeabilización del suelo, que impide la infiltración y genera problemas como inundaciones, escorrentía superficial y agotamiento de los acuíferos.
- Se destaca que la infiltración es esencial para mitigar los riesgos de inundaciones al permitir que el agua de lluvia se absorba en el suelo en lugar de acumularse en la superficie.³⁴⁶
- Se menciona la "ciudad esponja" como un modelo a seguir, que busca imitar los procesos naturales de absorción y retención del agua mediante soluciones basadas en la naturaleza. Algunas soluciones basadas en la naturaleza mencionadas: jardines de lluvia, humedales artificiales, reforestación urbana, recuperación de causas naturales, pavimentos permeables, sistemas de captación y almacenamiento de agua pluvial
- Se reconoce la necesidad de una normativa que promueva y regule la infiltración, estableciendo criterios de diseño para nuevas construcciones y la adaptación de las existentes.
- Se propone la inclusión de criterios de infiltración en los planes de desarrollo urbano, definiendo zonas de recarga de acuíferos y promoviendo la construcción de infraestructura verde que favorezca la absorción del agua.
- Se menciona la importancia de la educación y la concientización ciudadana para fomentar la adopción de prácticas que favorezcan la infiltración.
- Se identifica la falta de presupuesto como un obstáculo importante para la implementación de soluciones tecnológicas que favorezcan la infiltración.
- Se menciona la resistencia de algunos ciudadanos a adoptar nuevas prácticas, como la preferencia por pavimentos impermeables por razones estéticas o de comodidad.
- Se destaca la necesidad de una mayor voluntad política para impulsar políticas públicas que promuevan la infiltración y la gestión sostenible del agua en las

ciudades.

- Normatividad sobre planeación urbana:



Figura 93 Nube de palabras categoría Planeación urbana código normatividad sobre planeación urbana

Fuente: Elaboración propia S.C.R.M (2024).

Se coincide en que la planeación urbana en México requiere una **renovación profunda** para responder a los desafíos actuales y construir ciudades más sostenibles, resilientes e inteligentes. Esta renovación debe partir de un **cambio de paradigma** que abandone la visión desarrollista y adopte un enfoque integral, estratégico y participativo.

Se expresa que (Figura 93):

- A pesar de los avances tecnológicos en la recopilación de datos y la cartografía, la base del plan sigue siendo la misma, con un enfoque desarrollista que prioriza el crecimiento económico por encima de la sostenibilidad.
- La normativa actual no ha integrado los conceptos de urbanización sostenible, ciudades inteligentes o los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), a pesar de que se utilice la retórica en el discurso político.
- Existe una necesidad de una revisión profunda del marco jurídico que rige la planeación urbana, con el fin de adaptarlo a las nuevas realidades y los desafíos del Siglo XXI.
- A la planeación urbana se le ha asignado una carga de responsabilidades excesiva,

que no le corresponde asumir en su totalidad. La planeación urbana no puede resolver todos los problemas de la ciudad, sino que su función se limita a la previsión, la conducción y la anticipación.

- Es necesario adoptar un enfoque estratégico en la planeación urbana, que considere la ciudad como un sistema complejo y dinámico, con interrelaciones entre los diferentes ámbitos (social, económico, ambiental).
- La creación de ciudades inteligentes debe aprovechar la tecnología para mejorar la calidad de vida de los ciudadanos, gestionar los recursos de manera eficiente y responder a los desafíos de manera resiliente y sostenible.
- Existe una necesidad de una mayor participación ciudadana en la planeación urbana, para que los planes respondan a las necesidades reales de la población y se promueva un sentido de corresponsabilidad en la construcción de la ciudad.
- Deben crearse mecanismos de consulta y diálogo entre la autoridad, la academia y la sociedad civil, para definir una visión compartida del futuro de la ciudad y establecer estrategias conjuntas para alcanzarla.
- La academia tiene el papel como generadora de conocimiento, crítica constructiva y facilitadora de la participación ciudadana en la planeación urbana.

-Ordenamiento territorial hídrico:

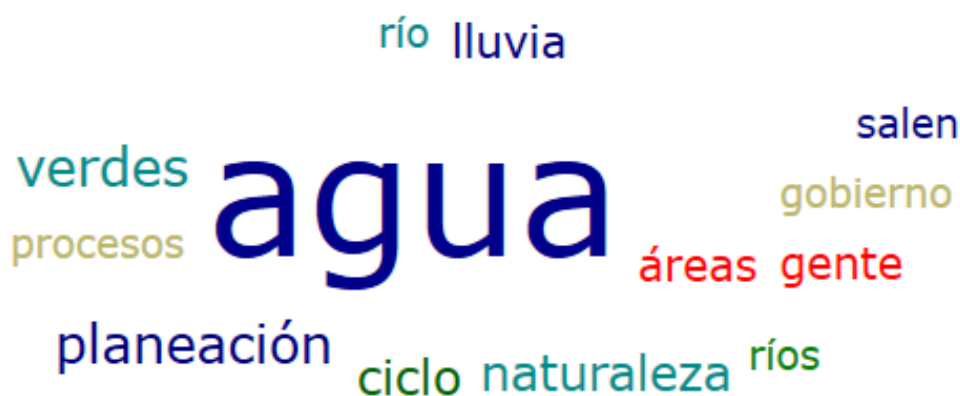


Figura 94 Nube de palabras categoría Planeación urbana código ordenamiento territorial hídrico
Fuente: Elaboración propia S.C.R.M (2024).

Los actores convergen en la importancia del ordenamiento territorial hídrico como eje central para el Desarrollo Urbano Inteligente Sensible al Agua. Enfatizan la necesidad de un cambio

de paradigma que integre el ciclo del agua en la planificación urbana, reconociendo su valor intrínseco y su papel fundamental en la calidad de vida de la población.

Consideran que (Figura 94):

- El agua es un factor crítico de éxito en el desarrollo de una ciudad. No se trata solo de un recurso para la actividad económica, sino que es la base de la vida y el motor de todo desarrollo.
- La planificación urbana debe integrar el ciclo del agua en su totalidad. Esto implica considerar la precipitación, la escorrentía, la infiltración, el almacenamiento, la distribución, el tratamiento y la reutilización del agua, reconociendo la interconexión de todos estos procesos.
- Las ciudades deben transitar hacia un modelo de sostenibilidad hídrica. Este modelo se basa en el uso responsable y eficiente del agua, la recarga de los acuíferos, la minimización de los impactos ambientales y la promoción de la resiliencia frente a eventos climáticos extremos.
- El gobierno debe liderar el proceso de ordenamiento territorial hídrico, estableciendo políticas públicas, actualizando la normativa, promoviendo la inversión en infraestructura sostenible, incentivando la investigación y la innovación, y garantizando el acceso equitativo al agua.
- La academia juega un papel clave en la generación de conocimiento, la formación de profesionales, la investigación de soluciones innovadoras, la crítica constructiva al modelo actual y la divulgación científica para sensibilizar a la población sobre la importancia del ordenamiento territorial hídrico.
- El sector privado debe asumir su responsabilidad en la gestión del agua, implementando prácticas sostenibles en sus procesos productivos, invirtiendo en tecnologías que minimicen su huella hídrica, participando en proyectos de colaboración con el gobierno y la sociedad civil, y promoviendo la innovación en la gestión del agua.
- La integración del ciclo del agua en el ordenamiento territorial es crucial para garantizar la sostenibilidad y la resiliencia de las ciudades. Las soluciones basadas en la naturaleza, la tecnología inteligente y la participación ciudadana son herramientas

clave para construir ciudades con una mejor calidad de vida.

-Plan Municipal de Desarrollo Urbano:



Figura 95 Nube de palabras categoría Planeación urbana código plan municipal de desarrollo urbano

Fuente: Elaboración propia S.C.R.M (2024).

Se considera que la planeación es la expresión del plan municipal de desarrollo urbano. Y este; el Plan Municipal de Desarrollo Urbano, necesita una actualización profunda para integrar el ciclo del agua de manera efectiva. Es necesario un cambio de enfoque que reconozca el valor del agua como un elemento central en la planificación urbana.

Coinciden en que (Figura 95):

- La falta de recursos económicos limita la capacidad de los municipios para ejecutar los proyectos contemplados en el plan. Se señala que la construcción de un sistema de drenaje pluvial integral es necesaria, pero el presupuesto asignado no es suficiente.
- La realización de proyectos integrales, como un sistema de drenaje pluvial, requiere una coordinación interinstitucional compleja y una planificación a largo plazo. Las administraciones municipales, con una duración de tres años, no suelen ser suficientes para ejecutar proyectos a largo plazo.
- La proliferación de asentamientos irregulares, invasiones de barrancas y derechos de vía, dificultan el ordenamiento territorial y generan una mayor demanda de servicios, como el agua potable, en zonas no planificadas.

- Existe una tradición arraigada de no solicitar permisos de construcción lo que genera un crecimiento urbano desordenado y dificulta la aplicación del plan.
- La planeación urbana a menudo se enfoca en aspectos específicos, como la construcción de vialidades, sin considerar de manera integral el ciclo del agua y su impacto en el desarrollo urbano.
- Hace falta un urbanista en el equipo de obras públicas.
- Se sugiere la utilización de pavimentos permeables para alimentar los mantos acuíferos. El plan de desarrollo urbano debería establecer condiciones específicas para el diseño de las calles, promoviendo la permeabilidad y la gestión del agua pluvial.
- Se necesita una mayor coordinación entre las diferentes áreas del municipio, como Desarrollo Urbano, Obras Públicas y ODAPAS (Organismo de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento), para garantizar una gestión integral del agua en la ciudad.
- Es fundamental involucrar a la ciudadanía en la planificación urbana, a través de mecanismos de consulta y diálogo, para conocer sus necesidades, promover la sensibilización sobre el uso del agua y generar un sentido de corresponsabilidad en la gestión del recurso.
- Se necesita una visión a largo plazo que trascienda las administraciones municipales.
- El uso de sistemas de información geográfica puede mejorar la precisión y la actualización de los datos relacionados con el agua, como la ubicación de las redes de tuberías, las zonas de recarga de acuíferos y las áreas propensas a inundaciones.
- Los árboles y las construcciones (edificios) son elementos de importancia para el plan.

-Reducción del riesgo de inundación:



Figura 96 Nube de palabras categoría Planeación urbana código reducción del riesgo de inundación
Fuente: Elaboración propia S.C.R.M (2024).

Uno de los puntos clave para reducir el riesgo de inundación en las ciudades es enfocándose en la necesidad de un cambio en el manejo del agua pluvial y la planificación urbana. Los actores afirman que; si bien existen limitaciones, como el costo de implementación y la necesidad de un diseño adecuado, la voluntad política y la participación de todos los actores son esenciales para construir ciudades más resilientes y preparadas para afrontar los desafíos del cambio climático. Se propone una transición hacia un modelo que priorice la infiltración y la gestión sostenible del agua, reconociendo las limitaciones del sistema actual.

Mencionan que (Figura 96):

- El sistema de drenaje actual, a menudo obsoleto y mal diseñado, no tiene la capacidad para manejar el volumen de agua pluvial generado por las tormentas. Además, la falta de separación entre el drenaje pluvial y sanitario agrava la contaminación del agua y dificulta su reutilización.
- La planeación urbana no suele considerar el agua como un elemento central en el diseño de las ciudades. Se carece de una visión integral que promueva la infiltración y la gestión sostenible del agua pluvial.
- La falta de presupuesto limita la capacidad de los municipios para invertir en la construcción de un sistema de drenaje pluvial adecuado.
- Se deben implementar sistemas para capturar, almacenar, tratar y reutilizar el agua

- pluvial, reduciendo la carga sobre el sistema de drenaje y la demanda de agua potable.
- La construcción de un sistema de drenaje pluvial integral y la implementación de soluciones basadas en la naturaleza requieren una inversión considerable. Es necesario buscar mecanismos de financiamiento que permitan superar esta barrera.
 - El diseño de soluciones basadas en la naturaleza requiere de un conocimiento técnico especializado. Se necesita capacitar a los profesionales en el diseño de estas soluciones para garantizar su eficiencia.
 - La implementación de un cambio de paradigma en la gestión del agua pluvial requiere de un compromiso por parte de las autoridades para actualizar la normativa, promover la inversión en infraestructura sostenible y fomentar la participación ciudadana.
 - Se sugieren las áreas verdes como solución para las inundaciones pluviales. Resaltando las soluciones basadas en la naturaleza; particularmente la integración de árboles.

c) Relación ciudadano-agua

- Acciones primordiales:

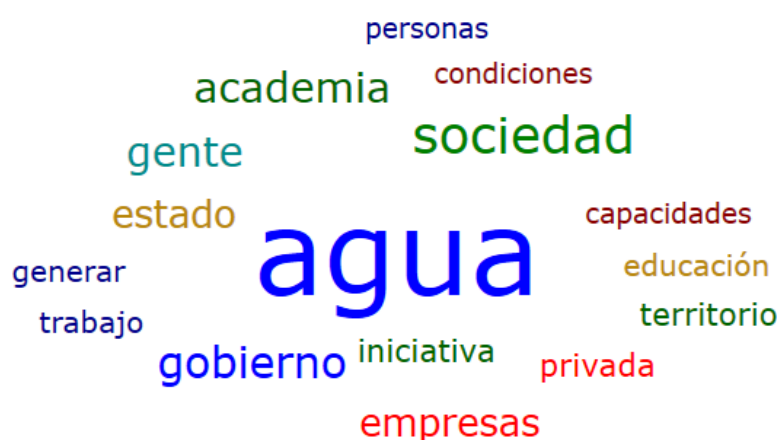


Figura 97 Nube de palabras categoría Relación ciudadano-agua código acciones primordiales
Fuente: Elaboración propia S.C.R.M (2024).

Se proponen diversas acciones, que van desde la transformación de la planificación urbana hasta la implementación de tecnologías innovadoras y la concientización ciudadana para despegar el cambio de paradigma en la gestión del recurso hídrico a nivel urbano. Entre las más relevantes son (Figura 97):

- Incorporar el ciclo del agua como un elemento central en la planeación urbana. Esto implica considerar la precipitación, la escorrentía y la infiltración en el diseño de la ciudad, promoviendo la recarga de acuíferos, la reutilización del agua pluvial y la reducción de la escorrentía superficial.
 - La implementación de soluciones que imiten los procesos naturales para gestionar el agua pluvial. Estas soluciones contribuyen a la infiltración, la retención del agua y la mejora de la calidad del aire.
 - La urgente actualización de la normativa urbana para promover la construcción de edificaciones sensibles al agua, la implementación de sistemas de captación de agua pluvial y la utilización de materiales permeables en las calles.
 - El potencial de la tecnología para mejorar la gestión del agua.
 - La educación a la población sobre la importancia del agua como un recurso vital, promoviendo el uso responsable, la reducción del consumo y la participación en la gestión comunitaria del agua es la acción más importante.
 - Impulsar programas de capacitación para que los ciudadanos aprendan a implementar medidas para la captación y reutilización del agua pluvial en sus hogares.
 - Un cambio cultural que valore el agua como un bien común y promueva la responsabilidad compartida en su gestión.
 - Se necesita una mayor coordinación entre las diferentes áreas del gobierno, la academia, la iniciativa privada y la sociedad civil para implementar una gestión integral del agua.
 - Se requiere el desarrollo de políticas públicas a largo plazo que promuevan la seguridad hídrica, la gestión sostenible del agua y la adaptación al cambio climático.
 - Es fundamental asignar recursos suficientes para la construcción y el mantenimiento de la infraestructura hídrica, así como para la implementación de programas de educación ambiental y capacitación.
- Ciudadano hidro inteligente:

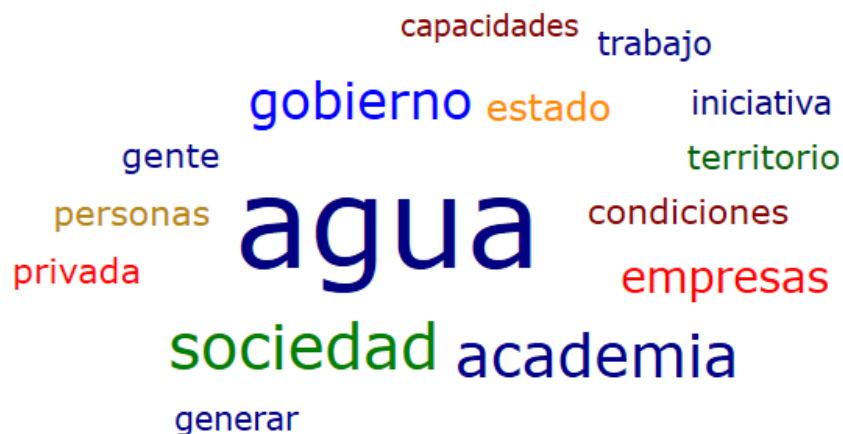


Figura 98 Nube de palabras categoría Relación ciudadano-agua código ciudadano hidro inteligente
Fuente: Elaboración propia S.C.R.M (2024).

Los actores exploran la importancia del ciudadano en la gestión del agua en las ciudades, reconociéndolo como un actor fundamental para lograr un cambio hacia un modelo más sostenible e inteligente. Se conciben al ciudadano hidro inteligente como un actor informado, consciente y participativo, que comprende la importancia del ciclo del agua y asume un rol activo en su gestión. Se reconoce la necesidad de fortalecer la educación ambiental, la capacitación en tecnologías y soluciones, y la promoción de una cultura del agua que fomente la responsabilidad compartida y la acción colectiva.

Se señala que (Figura 98):

- El ciudadano debe ejercer presión sobre las autoridades para que implementen políticas públicas que promuevan la gestión sostenible del agua, exigiendo una mayor inversión en infraestructura hídrica, la actualización de la normativa y la promoción de la educación ambiental.
- Se reconoce el potencial del ciudadano como fuente de información, a través de la participación en plataformas digitales.
- El ciudadano tiene un rol crucial en la implementación de soluciones a nivel local, ya sea a través de la adopción de prácticas de ahorro de agua en los hogares, la captación de agua pluvial, la creación de jardines de lluvia y la participación en iniciativas comunitarias para la gestión del agua.
- Es importante educar a la población sobre el ciclo del agua, su importancia para la

vida y los impactos de la urbanización en la gestión del recurso.

- Se debe capacitar a los ciudadanos en la implementación de tecnologías para el ahorro del agua, la captación de agua pluvial y la creación de soluciones basadas en la naturaleza.
 - Uno de los principales retos es superar la apatía y el desinterés de la ciudadanía en la gestión del agua, fomentando una mayor participación en la toma de decisiones y la implementación de soluciones.
 - Se necesita generar un consenso social sobre la importancia del agua y la necesidad de un cambio de paradigma en su gestión, construyendo una visión compartida sobre el futuro hídrico de las ciudades.
 - El papel de las organizaciones comunitarias para la gestión del agua a nivel local es promover la participación ciudadana, la resolución de conflictos y la implementación de soluciones adaptadas a las necesidades de cada comunidad.
- Disponibilidad per cápita:



Figura 99 Nube de palabras categoría Relación ciudadano-agua código disponibilidad per cápita
Fuente: Elaboración propia S.C.R.M (2024).

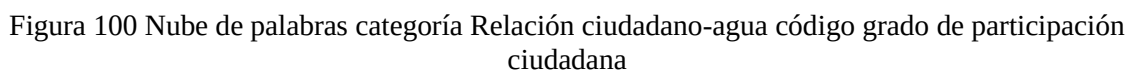
Se coincide en que existe un riesgo latente de garantizar la disponibilidad per cápita del agua en las ciudades, coincidiendo en la complejidad del desafío y en la necesidad de un cambio de paradigma en la gestión hídrica. Garantizar la disponibilidad per cápita del recurso hídrico en las ciudades es un desafío complejo que requiere un cambio de paradigma en la gestión del agua. Se necesitan estrategias integrales que aborden la planificación urbana, la optimización de la infraestructura, la innovación tecnológica, la participación ciudadana y el

fortalecimiento de la gobernanza del agua.

Se reconoce que (Figura 99):

- El incremento de la demanda de agua en las ciudades es debido al crecimiento poblacional, la expansión urbana y la intensificación de las actividades económicas.
- La tendencia es la disminución de la disponibilidad per cápita del agua, especialmente en contextos de estrés hídrico, sequías y agotamiento de los acuíferos.
- La influencia del cambio climático en la disponibilidad del agua acentúa la necesidad de implementar medidas de adaptación y mitigación.
- Es latente la posibilidad de llegar a un "día cero" en algunas ciudades, como Ciudad del Cabo, donde la escasez de agua podría alcanzar niveles críticos.
- Debe realizarse un cambio de un modelo de gestión centralizada del agua, basado en grandes infraestructuras, a un enfoque descentralizado que promueva la gestión local del recurso, la captación y reutilización del agua pluvial, y la recarga de acuíferos.
- Existe la necesidad de un cambio cultural que promueva el uso responsable del agua, la reducción del consumo, la eliminación de fugas y la valoración del agua como un bien común.
- Es importante la planificación a largo plazo para la gestión del agua, con la participación de todos los actores de la sociedad y la implementación de políticas públicas integrales.
- Es necesaria la modernización de la red de distribución de agua.
- La tecnología tiene el potencial para mejorar la gestión del agua.
- Se necesita una mayor coordinación entre las diferentes áreas del gobierno, la academia, la iniciativa privada y la sociedad civil para implementar una gestión integral del agua.
- Se requiere comunicación para informar a la población sobre la situación hídrica de la ciudad, los desafíos que se enfrentan y las medidas que se están implementando para garantizar la disponibilidad del recurso.

- Grado de participación ciudadana:



Se coincide en que la participación ciudadana en la gestión del recurso hídrico a nivel urbano es fundamental. Se reconoce el potencial de la ciudadanía como agente de cambio y la necesidad de fortalecer su involucramiento a través de la educación ambiental, el acceso a la información, la creación de espacios de diálogo y la implementación de políticas públicas que promuevan la participación. Consideran que el sector público tiene un rol fundamental en la creación de un marco normativo que facilite la participación ciudadana y en la promoción de una cultura del agua que fomente la responsabilidad compartida y la acción colectiva. Sin embargo, se evidencian diferentes perspectivas sobre el grado de involucramiento actual y el camino a seguir para fortalecer esta participación. Mencionan que (Figura 100):

- 299

recursos, lo que genera desincentivos para la participación.

- A pesar de los desafíos, se reconocen experiencias positivas de participación ciudadana a nivel local, a través de comités de agua, organizaciones de la sociedad civil y la implementación de proyectos comunitarios para la gestión del agua. Estas iniciativas demuestran el potencial de la acción colectiva y la capacidad de la ciudadanía para generar soluciones adaptadas a las necesidades de cada comunidad.
- Se destaca el rol del ciudadano como agente de presión y exigencia hacia las autoridades para la implementación de políticas públicas que promuevan la gestión sostenible del agua. Se enfatiza la necesidad de una ciudadanía informada que pueda ejercer una vigilancia activa sobre el cumplimiento de la normativa, la transparencia en la gestión de los recursos y la rendición de cuentas por parte de las instituciones.
- Es relevante el valor de los conocimientos y experiencias de la ciudadanía para la gestión del agua a nivel local. La participación en la planificación y toma de decisiones permite incorporar las necesidades, perspectivas y propuestas de la comunidad, favoreciendo la implementación de soluciones más contextualizadas y efectivas.
- Se propone la creación de espacios de diálogo y concertación entre el gobierno, la academia, la iniciativa privada y la sociedad civil para la toma de decisiones en materia de gestión del agua. La participación de la ciudadanía en estos espacios permite la construcción de una visión compartida sobre el futuro hídrico de la ciudad y la implementación de soluciones consensuadas.
- Impera la necesidad de un marco normativo que promueva e incentive la participación ciudadana en la gestión del agua. La legislación debe garantizar el derecho a la información, la participación en la toma de decisiones y la creación de mecanismos de control ciudadano sobre la gestión del recurso.
- Podría lograrse la implementación de programas y políticas públicas que faciliten la participación ciudadana en la gestión del agua, a través de la creación de fondos para proyectos comunitarios, la capacitación en la gestión del agua a nivel local y el apoyo a las organizaciones de la sociedad civil que trabajan en la temática.
- Es vital el liderazgo político para la promoción de la participación ciudadana. Los gobiernos locales deben reconocer el valor de la participación ciudadana en la gestión

del agua, creando un ambiente de confianza y colaboración, y promoviendo una cultura del agua que fomente la responsabilidad compartida.

- Grado tecnológico:

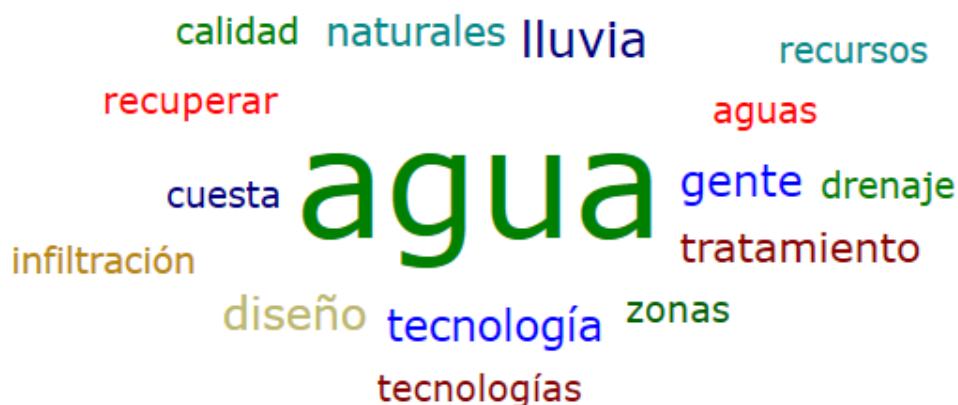


Figura 101 Nube de palabras categoría Relación ciudadano-agua código grado tecnológico
Fuente: Elaboración propia S.C.R.M (2024).

Se resalta la importancia del grado tecnológico en la gestión del recurso hídrico a nivel urbano. La implementación de tecnologías innovadoras permite optimizar la infraestructura, mejorar la eficiencia del suministro, promover la participación ciudadana y facilitar la toma de decisiones. A pesar de los desafíos que se enfrentan, la inversión en tecnología se traduce en beneficios a largo plazo para la sostenibilidad hídrica de las ciudades y la calidad de vida de sus habitantes.

Concluyen que (Figura 101):

- La tecnología es crucial para modernizar las redes de distribución de agua, reduciendo las pérdidas por fugas y mejorando la eficiencia del suministro.
- Se destaca la necesidad de mejorar los sistemas de tratamiento de aguas residuales, tanto a nivel de las plantas de tratamiento como a nivel de las edificaciones. La tecnología permite la implementación de sistemas más eficientes y compactos, capaces de tratar un mayor volumen de agua y obtener una mejor calidad del efluente.
- Es importante implementar sistemas de captación de agua pluvial, tanto a nivel de las

edificaciones como a nivel de la ciudad. Estos sistemas, junto con tecnologías de almacenamiento y tratamiento, permiten aprovechar el agua de lluvia para usos no potables, reduciendo la presión sobre las fuentes de agua tradicionales.

- Tecnología para la Gestión Inteligente del Agua:
- Se propone la utilización de sensores para el monitoreo del consumo de agua, tanto a nivel doméstico como a nivel de la ciudad. Estos sensores permiten obtener información en tiempo real sobre el consumo de agua, detectar patrones de uso y desperdicio, y generar alertas tempranas ante posibles fugas.
- Son importantes las plataformas de gestión de datos para la toma de decisiones en materia de gestión del agua. Estas plataformas permiten integrar la información proveniente de diferentes fuentes, como sensores, sistemas de información geográfica y bases de datos, para generar un panorama completo de la situación hídrica de la ciudad y facilitar la planificación de las intervenciones.
- El uso de herramientas de modelado y simulación para el diseño de sistemas de drenaje sostenible, la evaluación del impacto de las intervenciones y la planificación de la gestión del agua a largo plazo, permiten a los gestores del agua evaluar diferentes escenarios, optimizar el diseño de las infraestructuras y tomar decisiones más informadas.
- Existe potencial en las aplicaciones móviles para promover la participación ciudadana en la gestión del agua. Estas aplicaciones pueden informar a los ciudadanos sobre la situación hídrica de la ciudad, brindar consejos para el uso responsable del agua, reportar fugas y facilitar la comunicación con las autoridades.
- Se propone la utilización de plataformas de colaboración ciudadana para la gestión del agua. Estas plataformas permiten a los ciudadanos compartir información, proponer soluciones, participar en la toma de decisiones y colaborar en la implementación de proyectos comunitarios para la gestión del agua.
- La implementación de tecnologías para la gestión del agua puede requerir una inversión inicial significativa, lo que puede ser un obstáculo para las ciudades con recursos limitados. Sin embargo, señalan que esta inversión se compensa a largo plazo por los ahorros en el consumo de agua, la reducción de las pérdidas por fugas y la prevención de riesgos.

- La utilización de tecnologías para la gestión del agua requiere de la capacitación del personal técnico y administrativo. Es necesario invertir en la formación de capital humano para asegurar la correcta operación y mantenimiento de los sistemas tecnológicos.
- No todas las ciudades tienen acceso a la misma tecnología, especialmente en países en desarrollo. Se necesita promover la transferencia de tecnología y la cooperación internacional para facilitar el acceso a las tecnologías más avanzadas para la gestión del agua.

Conclusiones del Capítulo 5

Primeramente; es imperativo reconocer la obsolescencia de las prácticas actuales, que han ignorado la integración del ciclo del agua en su totalidad por lo que; a partir de la pregunta ¿Cuáles deben ser los lineamientos de la planeación urbana hídrica pluvial que construya el modelo de Desarrollo Urbano Inteligente Sensible al Agua? se realiza un planteamiento integral para construir una nueva forma en que se lleva a cabo la planificación urbana, teniendo como eje central la gestión del agua.

El modelo DUISA debe adaptarse a las características únicas del territorio de Atlacomulco de Fabela. Esto incluye un análisis detallado del tipo y textura del suelo, la cobertura vegetal, las pendientes, la litología, los puntos de agua y los usos del suelo. Estas particularidades permitirán diseñar soluciones específicas que aprovechen las condiciones locales. La matriz de evaluación muestra que el 50% de los indicadores relacionados con la gestión hídrica están en niveles bajos, lo que evidencia áreas críticas que deben priorizarse. Entre ellas, destaca la necesidad de abordar la obsolescencia de los sistemas de drenaje y suministro de agua, así como de renovar la infraestructura hídrica existente.

Otro de los principales retos identificados es la necesidad de priorizar la infiltración del agua en los suelos urbanos, dado que la impermeabilización ha generado problemáticas como inundaciones y escasez. Para mitigar estos problemas, se proponen soluciones que no solo facilitan la infiltración, sino que también contribuyen a la resiliencia de las ciudades frente a eventos climáticos extremos, promoviendo al mismo tiempo un uso responsable y eficiente del agua.

El modelo propuesto no puede implementarse sin un componente de sostenibilidad hídrica que minimice los impactos ambientales y fomente la participación de la ciudadanía. Este último punto es fundamental, ya que una planificación urbana efectiva debe ser inclusiva, permitiendo que los ciudadanos se involucren en la toma de decisiones para garantizar que las soluciones sean adecuadas a sus necesidades y expectativas.

Los dos procesos desarrollados; la superposición de capas y el análisis del discurso, proporcionan información crucial para el desarrollo de los lineamientos para el Modelo de Desarrollo Urbano Inteligente Sensible al Agua (DUIISA) en Atlacomulco de Fabela, México.

En cuanto a la superposición de capas; se analizaron las dimensiones natural y física del territorio revelando que el grado de infiltración predominante en Atlacomulco de Fabela es medio. Esto significa que existe un potencial considerable para fortalecer y aprovechar la infiltración del agua pluvial como una estrategia clave para la recarga de acuíferos y la mitigación de inundaciones. La superposición de capas permite identificar áreas específicas con diferentes grados de infiltración. Esta información es fundamental para orientar las intervenciones urbanas y los proyectos de infraestructura verde hacia las zonas donde la infiltración puede ser maximizada.

También permite analizar la relación entre el grado de infiltración y los usos de suelo. Esta información es útil para identificar zonas donde se pueden implementar cambios en los usos de suelo para promover la infiltración, por ejemplo, a través de la creación de espacios verdes o la utilización de pavimentos permeables en áreas con alta densidad urbana.

Por su lado; el análisis del discurso de los actores clave (organizaciones de la sociedad civil, sector privado, academia, gobierno y ciudadanía) revela un consenso generalizado sobre la importancia de la gestión del agua en la planificación urbana.

También los actores coinciden en la necesidad de un cambio de paradigma en la gestión del agua a nivel urbano, pasando de un enfoque tradicional centrado en el suministro de agua potable a un enfoque integral que considere el ciclo completo del agua.

Se destaca el papel fundamental de la ciudadanía en la gestión sostenible del agua. Se propone la figura del "ciudadano hidro inteligente", un ciudadano informado, consciente y participativo. Se reconoce la importancia de la tecnología para optimizar la gestión del agua, pero se enfatiza que la tecnología debe ser adaptada a las condiciones locales y

complementada con un cambio cultural y una mayor participación ciudadana.

El análisis del discurso también revela las dificultades y retos que se enfrentan para lograr una gestión sostenible del agua, como la falta de recursos económicos, la apatía ciudadana, la desconfianza en las instituciones, la obsolescencia de la normativa y la falta de coordinación interinstitucional.

La combinación de la información obtenida a través de la superposición de capas y el análisis del discurso permite una comprensión más completa de la situación hídrica en Atlacomulco de Fabela y proporciona una base sólida para el diseño del modelo DUISA. La superposición de capas aporta datos espaciales sobre el territorio, mientras que el análisis del discurso ofrece información valiosa sobre las percepciones, necesidades y expectativas de los actores clave.

La superposición de capas y el análisis del discurso son herramientas complementarias que permiten identificar áreas de oportunidad, priorizar intervenciones y diseñar soluciones adaptadas a las condiciones locales y a las necesidades de la población, se pueden identificar cinco pilares fundamentales para delinear el DUISA, destacando la integración del ciclo del agua, la actualización normativa, el uso de tecnología, la participación ciudadana y las adaptaciones específicas para el territorio.

El modelo DUISA debe basarse en un enfoque integral que abarque todas las fases del ciclo del agua: captación, almacenamiento, tratamiento, reutilización e infiltración. Esta gestión integral es esencial para enfrentar los retos locales y regionales de disponibilidad hídrica. Un aspecto prioritario es fomentar la infiltración del agua pluvial, dada la prevalencia de problemas de inundaciones y la necesidad de recargar los acuíferos de Atlacomulco de Fabela.

Para lograr esto, es imprescindible implementar soluciones basadas en la naturaleza que imiten los procesos naturales del ciclo hidrológico. Asimismo, el modelo debe promover el aprovechamiento del agua pluvial para usos no potables, lo que aliviará la presión sobre las fuentes de agua tradicionales.

El marco normativo actual sobre agua y planificación urbana requiere una revisión profunda para ajustarse a las necesidades contemporáneas. Una propuesta clave es la separación obligatoria de los drenajes pluvial y sanitario, que evitaría la contaminación del agua de lluvia y permitiría su reutilización eficiente. Además, se necesitan mecanismos de vigilancia y control más robustos que aseguren el cumplimiento de estas normativas mediante sanciones efectivas.

El DUISA debe priorizar también la actualización de las leyes y regulaciones que fomenten una gestión sostenible e integrada del agua, alineada con los objetivos del desarrollo urbano inteligente.

La tecnología es una herramienta central en el modelo DUISA, permitiendo una gestión más eficiente y precisa del agua. El uso de sensores para monitorear el consumo, plataformas digitales para gestionar datos y aplicaciones móviles para involucrar a la ciudadanía son solo algunos ejemplos de las innovaciones que pueden adoptarse. Estas tecnologías no solo optimizan la infraestructura hídrica, sino que también fomentan la participación ciudadana al proporcionar información accesible y en tiempo real.

Además, es fundamental que las tecnologías adoptadas se adapten a las condiciones específicas de Atlacomulco de Fabela, promoviendo la investigación y el desarrollo de soluciones tecnológicas propias que respondan a las necesidades locales.

Un modelo de desarrollo urbano inteligente no puede ser efectivo sin la participación de la ciudadanía. El DUISA debe promover la figura del "ciudadano hidro inteligente", es decir, personas informadas, conscientes y participativas en la gestión del agua. Para ello, se requiere implementar programas de educación ambiental que sensibilicen a la población sobre la importancia del agua, su ciclo y la necesidad de utilizarla de manera responsable.

Asimismo, deben establecerse espacios de diálogo y concertación entre los distintos actores sociales, incluyendo el gobierno, la academia, la iniciativa privada y las organizaciones de la

sociedad civil. Estas interacciones fortalecerán la toma de decisiones y garantizarán que las políticas públicas reflejen las necesidades y aspiraciones de la comunidad.

Finalmente, el modelo debe fomentar una planificación a largo plazo que garantice la sostenibilidad y resiliencia del territorio frente a los efectos del cambio climático y el crecimiento urbano descontrolado.



Capítulo 6. Modelo de Desarrollo Urbano Inteligente Sensible al Agua para Atlacomulco de Fabela, México

Este sexto capítulo consuma el desarrollo de la investigación respondiendo a la pregunta planteada: ¿Cuáles deben ser los ejes, pilares, líneas de acción, dimensiones y actores del modelo de Desarrollo Urbano Inteligente Sensible al Agua (DUISA) para Atlacomulco de Fabela, México?

Según (Ramírez, s.f.) y para esta investigación; un modelo es una representación simplificada y abstracta de una realidad o sistema complejo. Sirve para entender, analizar y predecir el comportamiento de un fenómeno urbano. Permite planificar y prever el desarrollo y la interacción entre distintos elementos de la ciudad. El uso de un modelo permite estructurar la información y generar estrategias basadas en el análisis de variables clave para la toma de decisiones en la ciudad. El objetivo es, por lo tanto, diseñar los ejes, pilares, líneas de acción, dimensiones y actores del modelo de Desarrollo Urbano Inteligente Sensible al Agua (DUISA) para Atlacomulco de Fabela, México, a partir del contenido desarrollado en los capítulos previos.

El uso de un modelo permite simplificar la realidad que es compleja al enfocarse en los aspectos más relevantes logrando una comunicación mucho más fácil de la idea a quienes la consultan. Proporciona una representación visual o esquemática clara de cómo interactúan sus componentes. Su capacidad de modificación o adaptación lo dota de una cualidad única de flexibilidad para poder ser aplicable a otros casos de estudio similares; otros escenarios, mediante la reformulación de variables.

El capítulo presenta la descripción general del modelo en donde se describen sus fundamentos (planeación urbana, ciudad inteligente y gestión integral del agua), lineamientos y componentes (temporalidad, dimensiones, líneas de acción, pilares y ejes transversales), justificación, objetivo, misión y visión, las cualidades del caso de estudio, los actores (ciudadanía, organizaciones de la sociedad civil, sector público, sector privado y academia) y la propuesta de estrategias para el caso de estudio en relación con la temporalidad, líneas

de acción y dimensiones.

6.1 Descripción general del modelo

El modelo de Desarrollo Urbano Inteligente Sensible al Agua (DUISA) para Atlacomulco de Fabela, México; es una propuesta de un modelo de sostenibilidad enfocado en la integración de principios naturales, sociales, instrumentales y físico espaciales, que busca minimizar el impacto ambiental de su desarrollo urbano para crear ciudades inteligentes y resilientes frente al cambio climático con un manejo responsable del agua. Su cimiento es la planeación urbana que integra el ciclo del agua mejorando la gestión del recurso vital en la ciudad; satisfaciendo las necesidades urbanas, ciudadanas y ambientales. Integra tecnología primeramente de carácter social y posteriormente digital para la toma de decisiones y considera el involucramiento de todos los actores como fundamental. Este modelo se desarrolla considerando tres fundamentos: la planeación urbana, la ciudad inteligente y la gestión integral del agua a escala local.

La planeación urbana tiene como objetivo asegurar que el crecimiento de la ciudad esté alineado con la gestión de los recursos hídricos. Esto implica integrar estrategias de corto, mediano y largo plazo que regulen el uso de suelo, fomenten la conservación de zonas de recarga de acuíferos y prevengan inundaciones a través de soluciones basadas en la naturaleza (SBN). Estas estrategias promueven un urbanismo sostenible que integre el ciclo natural del agua.

En el contexto de una ciudad inteligente; son dos los principios básicos para el desarrollo de la ciudad hidro inteligente; el papel crucial que desempeñan los ciudadanos en el impulso de la innovación, y; la innovación tecnológica. Este combo permite gestionar situaciones de riesgo contribuyendo a una mayor resiliencia urbana lo que no solo se traduce en una gestión más eficiente del agua, sino que también mejora la calidad de vida de los ciudadanos.

La gestión integral del agua a escala local es el pilar que permite la sostenibilidad en este modelo. Se trata de utilizar de manera eficiente y responsable los recursos hídricos;

particularmente en las fases de precipitación, escurrimiento e infiltración. Es esencial que las políticas públicas promuevan un uso responsable del agua a través de la cultura hídrica, asegurando la disponibilidad del recurso a largo plazo. La menor escala facilita la planificación, la implementación de soluciones innovadoras y el manejo eficiente e integral del recurso. La escala más humana facilita la participación ciudadana en la toma de decisiones, la creación de un sentido de comunidad y la apropiación del recurso y del espacio urbano; lo cual es crucial para la implementación de un modelo de gestión del agua sostenible, que requiere la colaboración de todos los actores.

Los lineamientos que dan forma al modelo DUISA son los siguientes:

- Sistematizar la recarga inducida de los acuíferos y la retención de agua pluvial previa ubicación de las zonas de recarga óptimas que se determinen desde la planeación urbana.
- Reducir el escurrimiento en las zonas altas mediante obras de conducción y recolección de agua superficial para su uso directo.
- Mejorar la infraestructura del sistema de drenaje pluvial para su correcto aprovechamiento y conducción.
- Replantear la relación tecnología-sociedad-ciudad; colocando a los ciudadanos en el centro del desarrollo y a la innovación como el camino para alcanzar una mayor eficiencia.
- Integración y coordinación institucional que permita la comunicación y toma de decisiones en la generación de política pública y normatividad.
- Integración del paradigma de la gobernanza del agua como marco de acción, en el que se incluya a todos los actores (ciudadanía, organizaciones de la sociedad civil, sector público, sector privado y academia), a la generación de políticas públicas y mejora y/o creación de normatividad, que asegure la gestión sostenible de los recursos hídricos.

El modelo DUISA se presenta en el siguiente gráfico (Figura 103); se estructura con base en cinco (5) componentes que se explican en seguida.

1. **Temporalidad:** se incorpora el factor tiempo como concepto clave para la ejecución del modelo y la comprensión de su evolución según los periodos propuestos: Corto plazo (3 años; una administración municipal), Mediano plazo (2030, tres administraciones municipales) y Largo plazo (2050, ocho administraciones municipales). Se asume que la temporalidad debe ser continua, considerando cambios graduales o escalonados (progresivos) para la consolidación del modelo.
2. **Dimensiones:** a partir de la operacionalización de variables presentada se consideran y retoman tres dimensiones que deben ser intervenidas; y de las cuales surgen las líneas de acción para la transición hacia este modelo; todas ellas en correlación con la temporalidad. La dimensión Natural (edafología, topografía, litología, hidrología y elementos del clima), la dimensión Física espacial (infraestructura pluvial y morfología urbana) y la dimensión Social (relación ciudadano-agua) (Figura 102)

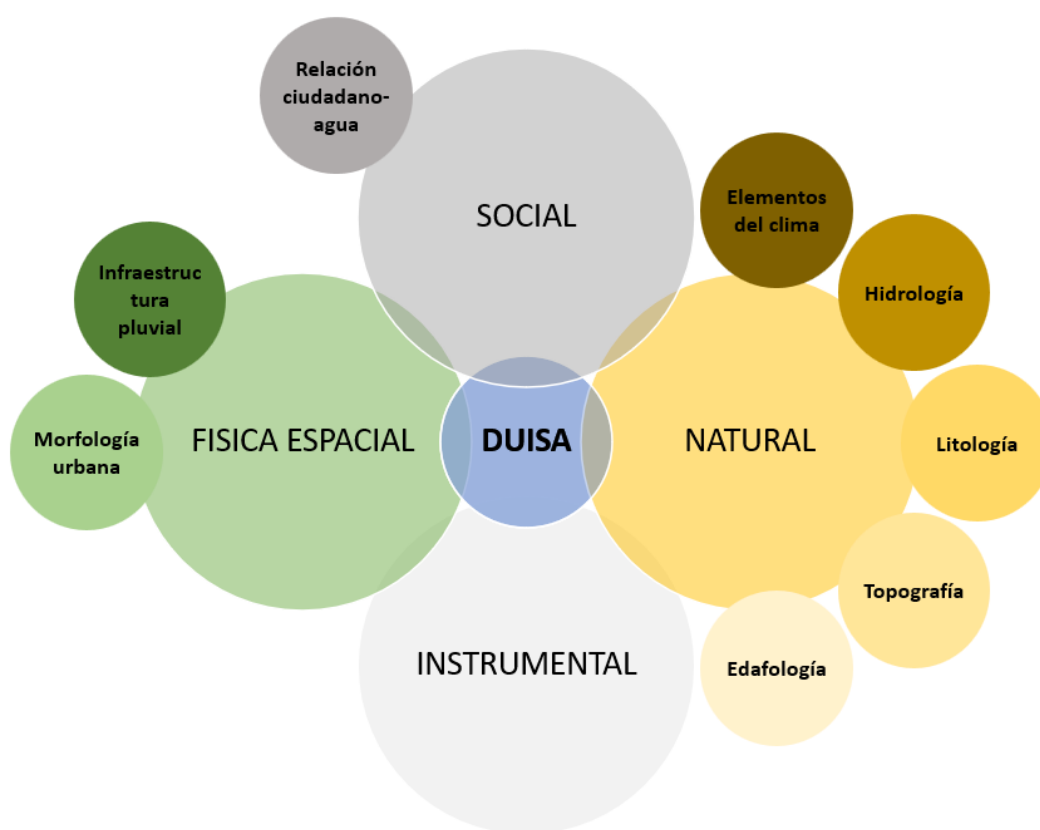


Figura 102 Dimensiones para el modelo DUISA

Fuente: Elaboración propia S.C.R.M (2024).

3. Líneas de acción: son directrices concretas que establecen las medidas o actividades específicas necesarias para alcanzar el objetivo del modelo. Estas líneas organizan las acciones en tres áreas clave las cuales indican las estrategias a implementar de forma progresiva (innovación tecnológica) en el tiempo. Estas áreas clave son: Soluciones Basadas en la Naturaleza, Planeación urbana hídrica pluvial y Dispositivos digitales. Están correlacionadas con las dimensiones y la temporalidad.
4. Pilares: se refieren a los principios fundamentales o componentes clave que sostienen la estructura y funcionamiento del modelo; los cuales son: Ciudadano hidro inteligente, Liderazgo incluyente, Innovación e investigación, Marco normativo local de planeación urbana hídrica pluvial y Sistema local inteligente de agua.

El Ciudadano hidro inteligente se concibe como una persona consciente y responsable del uso adecuado del agua. Se caracteriza por tener conocimiento acerca del ciclo del agua; de donde proviene el recurso que utiliza, como llega a su lugar de consumo, etc. También usa el agua de manera racional buscando reducir su consumo mediante la adopción de hábitos sostenibles; y a su vez colabora en iniciativas que promuevan la conservación y el manejo eficiente del recurso en su ciudad. En esa línea de la adopción; se incluye la innovación tecnológica; tanto a nivel urbano como a nivel domiciliario; por lo que su capacitación es básica (cultura tecnológica). Son ciudadanos esenciales para lograr la gestión sostenible del agua.

El Liderazgo inteligente se refiere a la capacidad de las autoridades para integrar a los diversos actores, la base ciudadana; en la formulación y ejecución del marco normativo y las políticas públicas. Es un enfoque que busca involucrar a los ciudadanos en la toma de decisiones, no solo como receptores de servicios, sino como participantes activos que co diseñan soluciones. Se promueve el acceso a la información y el trabajo conjunto entre el sector público, la sociedad civil y el sector privado, permitiendo que las políticas sean más equitativas y ajustadas a las necesidades reales. Al ser incluidos en la elaboración de leyes y reglamentos para la gestión del agua se fortalece su legitimidad y cumplimiento. Es necesario que se dé la creación de un ente, no dependiente de los cambios y/o periodos político-

administrativos, que sea quien tome la batuta del liderazgo para la consecución de la ejecución del modelo. Una *Agencia Hidro inteligente* liderada por una persona con un perfil similar al de un *City Manager*, pero especializada en la gestión inteligente del recurso hídrico. Podría ser llamada un *Smart Urban Water Resource Manager (SUWRM)* o un *Gestor Urbano Inteligente de Recursos Hídricos (GUIRH)*. Este tipo de cargo incluiría tareas relacionadas con la coordinación de las estrategias propuestas para el modelo; su monitoreo y evaluación constante, y combinaría elementos del rol técnico y administrativo. Organizaría las inversiones desde los ámbitos público y privado y sería el puente de conexión de los diferentes actores involucrados.

La Innovación e investigación implica el desarrollo de soluciones que respondan mejora de la gestión del agua utilizando la innovación en tecnología. La academia y los centros de investigación juegan un papel crucial en este proceso, al ser los encargados de la revisión crítica del estado actual del marco normativo y las políticas públicas, así como de las tecnologías utilizadas en la gestión del agua para identificar deficiencias y áreas de mejora y a partir de ello desarrollar y proponer la implementación de nuevas tecnologías para el manejo del agua y estrategias basadas en datos.

El Marco normativo local de planeación hídrica pluvial establece las reglas, lineamientos y estrategias para el manejo sostenible del agua en la ciudad a nivel micro; basados en la realidad del contexto en particular lo que permite una toma de decisiones más efectiva. Este marco regula el manejo de los escurrimientos pluviales, fomenta la infiltración de agua en el suelo y promueve el aprovechamiento de este recurso, integrando el ciclo natural del agua en el proceso de urbanización.

El Sistema Local Inteligente de Agua (SLIA) basado en big data, gemelos digitales y Robust Decision Making (RDM)¹⁸ tiene como objetivo mejorar la gestión hídrica urbana mediante el aprovechamiento de la información para la toma de decisiones a través de indicadores; con

¹⁸ El Robust Decision Making (RDM) es un enfoque analítico utilizado para tomar decisiones en situaciones donde existe una alta incertidumbre sobre el futuro. Es un proceso iterativo en el cual los tomadores de decisiones revisan sus estrategias, ajustándolas para mejorar su robustez frente a escenarios cambiantes o más entendidos. Se basa en modelos computacionales (gemelos digitales)

el objetivo de lograr una reducción de escurrimientos, un aumento de la infiltración al manto freático y la optimización de la captación de agua pluvial.

5. Ejes transversales: son los principios fundamentales que atraviesan o impactan de manera general al modelo. Estos ejes no se limitan a un solo ámbito específico, sino que influyen en múltiples aspectos, asegurando que estos temas clave sean considerados de manera integral en todas las acciones y decisiones. Su propósito es crear una base sólida y cohesiva. Los ejes transversales son: Innovación tecnológica, Actualización instrumental y Estrategias de financiamiento.

La Innovación tecnológica es clave en una ciudad inteligente sensible al agua, ya que permite optimizar el uso, gestión y conservación de este recurso vital a través de la aplicación de soluciones adecuadas y adaptadas a las condiciones del contexto local.

La Actualización instrumental es fundamental ya que permite a los planes urbanos e hídricos la implementación de estrategias de resiliencia que promuevan una gestión inteligente del agua estando a la vanguardia del Siglo XXI.

Las estrategias de financiamiento son cruciales pues permiten la creación de un marco financiero que respalde, a través de la gestión, proyectos de infraestructura hídrica, garantizando que se disponga de los recursos necesarios para implementar tecnologías que optimicen la gestión del agua. Estrategias bien definidas hacen que las ciudades sean más atractivas para la inversión pública y privada, facilitando la colaboración entre sectores y asegurando el capital necesario para proyectos innovadores.

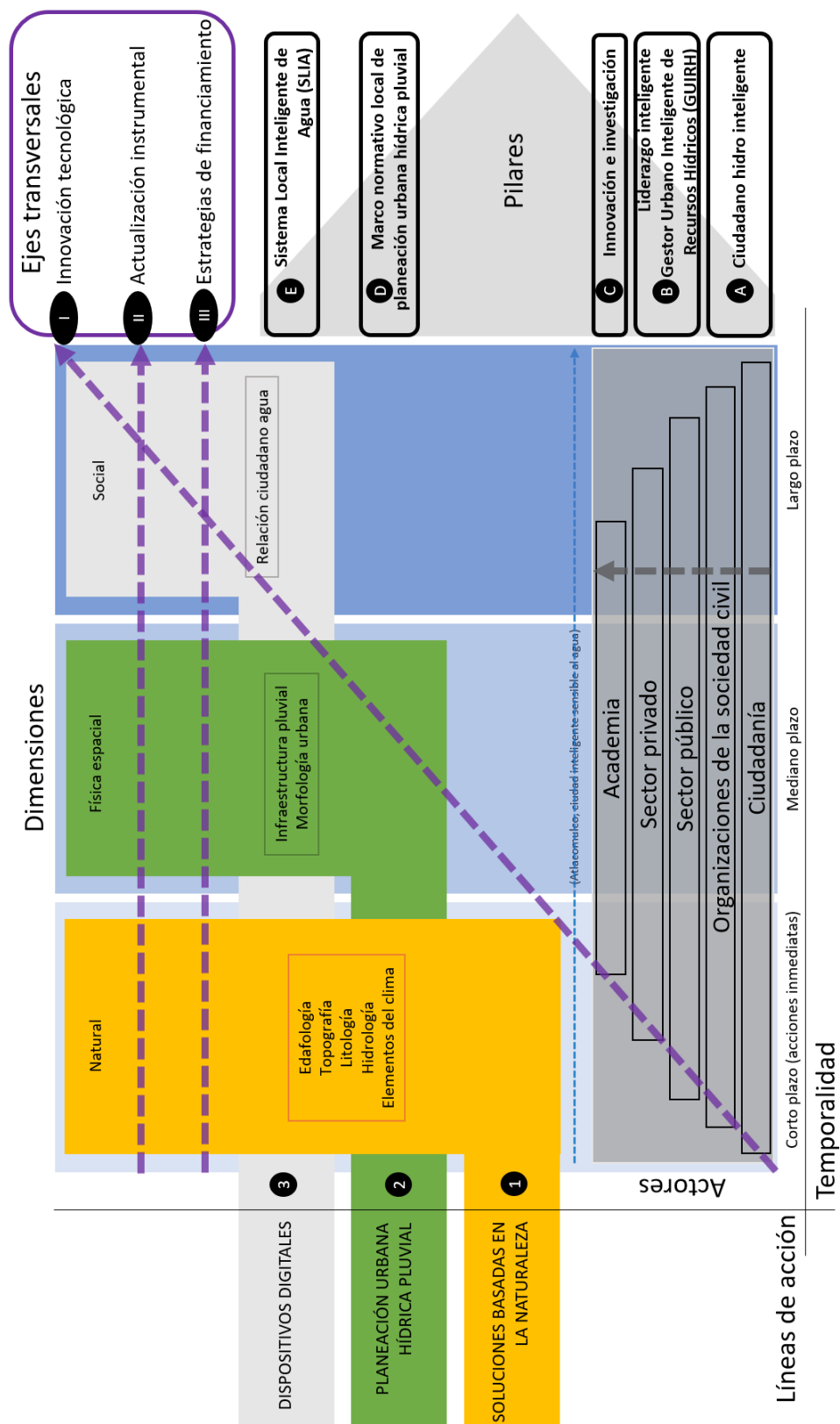


Figura 103 Modelo de Desarrollo Urbano Sensible al Agua para Atlacomulco de Fabela, México
Fuente: Elaboración propia S.C.R.M (2024).

6.2 Justificación del modelo

La necesidad de un modelo de Desarrollo Urbano Inteligente Sensible al Agua (DUISA) surge de la creciente crisis hídrica en muchas regiones, exacerbada por el cambio climático, el crecimiento urbano descontrolado y la falta de planeación integral. Este modelo se justifica en la importancia de vincular la planeación urbana con una gestión eficiente del agua; utilizando tecnologías para hacer más eficiente el manejo del recurso hídrico, así como para prevenir inundaciones y baja disponibilidad en las ciudades.

En el caso del Estado de México, específicamente en Atlacomulco de Fabela, la disponibilidad de agua es particularmente baja debido a la sobreexplotación de los acuíferos y la falta de una infraestructura hídrica eficiente. Este municipio enfrenta un estrés hídrico significativo, donde la demanda de agua supera ampliamente su disponibilidad; condición que no parece tener límite ya que las prospectivas poblacionales del caso de estudio (Ver el apartado a. del punto 3.2.2) indicarían que para el 2050 la población será de aproximadamente 32,769 habitantes, y por tanto los requerimientos del recurso hídrico van al alza (Tabla 39

Año	Población estimada (número de habitantes)	Requerimiento de agua potable en m ³ (considerando 150 lts/hab/día)
2027	24,709	3,706.35
2030	25,632	3,844.80
2050	32,769	4,915.35

Tabla 39 Estimación de requerimiento de agua potable
Fuente: Elaboración propia S.C.R.M (2024) según lo señalado en clase, "Taller IV Escenarios" (Rosas, comunicación personal, 15 de enero de 2025).

La planeación urbana en esta región ha mostrado omisiones al no integrar el recurso hídrico como un eje central de su desarrollo. Esto ha derivado en un uso insostenible del agua y en crisis hídricas recurrentes, agravadas por la falta de dictámenes de factibilidad hídrica transparentes que aseguren un desarrollo adecuado y acorde con los recursos disponibles.

El modelo DUISA propone líneas de acción que permiten gestionar de manera eficiente los recursos hídricos, promover la sostenibilidad y prevenir futuros problemas urbanos y ambientales.

6.3 Objetivo, Misión y Visión del modelo

El objetivo principal del modelo de Desarrollo Urbano Inteligente Sensible al Agua (DUISA) radica en integrar de manera inteligente la gestión del recurso hídrico en el diseño y la planeación urbana, desde un paradigma de base tecnológica, para mitigar el impacto del cambio climático en las ciudades y garantizar un desarrollo urbano sostenible a largo plazo. Al hacer del agua un eje central en la planeación urbana, se promueve una ciudad inteligente, resiliente, adaptable y equitativa en el manejo de este recurso vital.

La misión del modelo es integrar de manera inteligente la gestión del recurso hídrico en el diseño y funcionamiento de Atlacomulco de Fabela, México. Busca asegurar un manejo eficiente del agua en las etapas del ciclo del agua; particularmente precipitación, escorrentía y precipitación, promoviendo la resiliencia frente al cambio climático, la reducción de los riesgos y la mejora de la calidad de vida de los habitantes. Este modelo pretende no solo asegurar el abastecimiento, sino también garantizar la regeneración de los recursos hídricos, incluyendo la recarga de acuíferos y la reducción de inundaciones a través de una planeación urbana adecuada. La misión es que el agua se convierta en un eje central de la planeación urbana para que Atlacomulco de Fabela, México avance progresivamente hacia una ciudad más sensible al recurso y cuente con condiciones de habitabilidad a largo plazo.

La visión del modelo es que Atlacomulco de Fabela se transforme en una ciudad resiliente, sostenible y habitable; que integre el ciclo del agua en la planeación y el diseño urbano. Este enfoque busca armonizar la infraestructura urbana con los recursos hídricos, minimizando el impacto ambiental y promoviendo un manejo más eficiente del agua. Se pretende construir ciudades que puedan adaptarse a las variaciones climáticas, reducir el riesgo de inundaciones y gestionar los recursos hídricos de manera integral, beneficiando tanto al medio ambiente como a la población urbana. Si bien este modelo está diseñado para un caso de estudio

particular; su fundamento metodológico permite que sea extendido al municipio y replicado a otros lugares que guarden similares condiciones.

6.4 Cualidades del caso de estudio; Atlacomulco de Fabela, México

Atlacomulco de Fabela es un área clave para la gestión del agua, no solo en el ámbito local, sino también para la región en su conjunto. Se encuentra dentro de una región hidrológica prioritaria en México; con una precipitación total anual de 700 a 1,200 mm (anual promedio de 800 mm), lo que favorece la disponibilidad de agua superficial y subterránea.

La región cuenta con diversas fuentes de agua, como ríos y acuíferos que abastecen tanto a las actividades agrícolas como urbanas. La combinación de la disponibilidad de recursos hídricos y la ubicación geográfica estratégica la convierte en una zona de alto valor en términos de manejo y conservación del agua.

Según datos del Servicio Meteorológico Nacional (2024) y con referencia a (Gleason, 2024); en condiciones urbanizadas; el volumen de lluvia anual es de aproximadamente 206.99 millones de metros cúbicos de los cuales el 30% se evapotranspiran (62.097 millones de metros cúbicos), el 10% se infiltran (20.699 millones de metros cúbicos); ambas cantidades reintegrándose al ciclo natural del agua, mientras que el 60% se escurren en condiciones de contaminación por los desechos con los que se mezclan en ese transcurso (124.194 millones de metros cúbicos).

El modelo DUISA pretende reducir el escurrimiento y aumentar la infiltración y la evapotranspiración mediante soluciones basadas en la naturaleza, planeación urbana hídrica pluvial y dispositivos digitales que permitan la continuidad de las precipitaciones, y del ciclo natural del agua en general.

6.5 Actores del modelo

En el modelo de DUISA; los actores clave tienen roles fundamentales para asegurar la

sostenibilidad y eficiencia de la gestión hídrica y urbana. Se establece una jerarquía que responde al trabajo de campo realizado (Figura 104)



Figura 104 Actores clave
Fuente: Elaboración propia S.C.R.M (2023).

Ciudadanía: Los ciudadanos juegan un papel crucial, son la base del modelo. Su importancia radica en la adopción de prácticas responsables del manejo de agua (cultura hídrica) y su colaboración en la preservación de recursos hídricos locales (nuevo contrato hidro social). Además, su participación en la toma de decisiones y en procesos consultivos es vital para desarrollar políticas inclusivas que reflejen las necesidades reales de la población.

Organizaciones de la sociedad civil: Las organizaciones de la sociedad civil constituyen el segundo escalón de la jerarquía. Éstas; facilitan la educación y concientización sobre la gestión hídrica (cultura hídrica) y su impacto en la ciudad. También funcionan como mediadores entre la ciudadanía y el gobierno, asegurando que las voces colectivas sean escuchadas y que las políticas públicas sean socialmente apropiadas¹⁹.

Sector público: El gobierno, tercer escalón de la jerarquía, establece el marco normativo y políticas públicas que orientan el desarrollo urbano. Su función es asegurar que las normativas sobre el manejo del agua sean estrictas y coherentes con los objetivos del modelo de integración del recurso hídrico desde la planeación urbana. También facilita la integración de las tecnologías en la infraestructura urbana; mediante su propuesta y ejecución con recurso

¹⁹ El presente modelo está propuesto para la ciudad de Atlacomulco de Fabela, México. Si este se extendiera a todo el municipio de Atlacomulco, México habría que considerar en el trabajo de campo a los comités de agua que hoy existen en las localidades para afinar las variables y estrategias aquí propuestas

público. Requiere un trabajo interdependencias considerando al menos las áreas, departamentos o direcciones de: Desarrollo urbano, Obras públicas, Protección Civil y Organismo operador de agua.

Sector privado: Las empresas, cuarto escalón de la jerarquía, participan en la facilitación de tecnologías innovadoras para el manejo eficiente del agua y la implementación de infraestructuras resilientes frente a los riesgos. Su colaboración con el gobierno para financiar proyectos urbanos que integren la gestión hídrica sostenible es básica.

Academia: La academia, quinto y último escalón de la jerarquía, es la encargada de generar investigación y conocimiento de frontera; así como soluciones técnicas, que orienten las mejores prácticas para la gestión hídrica en la ciudad; así como en el análisis y propuestas de mejora de los marcos normativos y políticas públicas existentes. También colabora en la formación y capacitación de profesionales y asesora tanto a gobiernos como a empresas en el diseño de soluciones innovadoras.

6.6 Temporalidad, Líneas de acción, Dimensiones y sus Estrategias para Atlacomulco de Fabela, México

El modelo DUISA se basa en las líneas de acción y temporalidad; a las que corresponden las dimensiones. Tanto los ejes transversales como los pilares aplican de forma general al modelo. Para el caso de Atlacomulco de Fabela México se presentan las estrategias que se proponen para el desarrollo de este paradigma a corto (Tabla 40), mediano (Tabla 41) y largo plazo (Tabla 42).

Temporalidad	Línea de acción	Dimensión	Estrategia (s)
Corto plazo (2027)	Soluciones basadas en la naturaleza	Natural	a. Identificación de zonas prioritarias para implementación de soluciones basadas en la naturaleza (infraestructura azul)

Tabla 40 Línea de acción, dimensión y estrategia a corto plazo
Fuente: Elaboración propia S.C.R.M (2024).

a. *Identificación de zonas prioritarias para implementación de soluciones basadas en la naturaleza*

A partir del “Mapa de Grado de Infiltración del caso de estudio Atlacomulco de Fabela, México” (Figura 84); se identificaron los grados de infiltración según el territorio. El interés se centra en aquellos puntos en donde la infiltración es alta y que; por lo tanto, son las zonas para considerar y generar proyectos piloto de intervención con soluciones basadas en la naturaleza (infraestructura azul) que reduzcan la acumulación y riesgo de inundación y permitan la infiltración al manto acuífero. La infraestructura azul se refiere a los sistemas naturales y construidos que manejan y aprovechan el agua en entornos urbanos.

Son tres las zonas con la mayor infiltración: la colonia Río Lerma (1), Las Fuentes (2) y Las Granjas (3) (Figura 105).

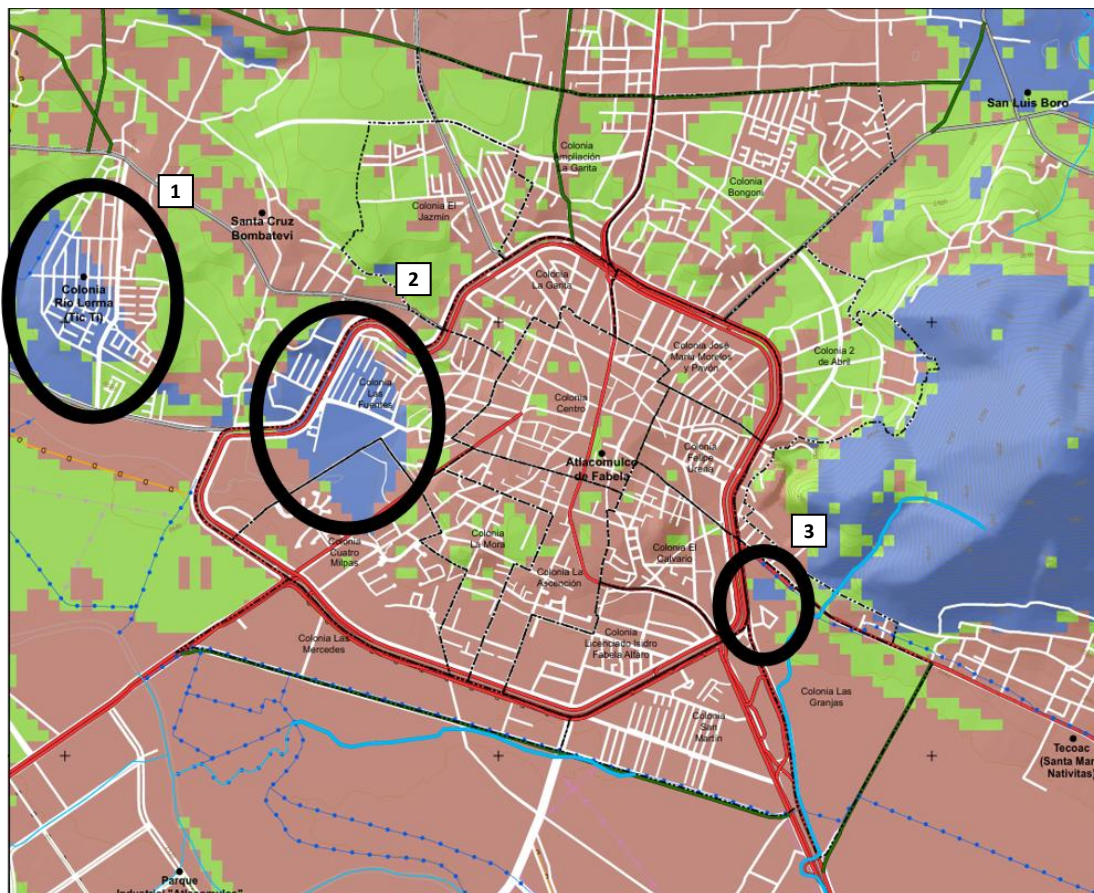


Figura 105 . Zonas prioritarias para implementación de soluciones basadas en la naturaleza. (1) Colonia Río Lerma, (2) Colonia Las Fuentes, (3) Colonia Las Granjas
Fuente: Elaboración propia S.C.R.M (2024).

Temporalidad	Línea de acción	Dimensión	Estrategia (s)
Mediano plazo (2030)	Planeación urbana hídrica pluvial	Física espacial	Identificación de zonas alto, medio y bajo grado de infiltración para
			b. considerar usos de suelo no urbanizables, actividades terciarias y habitacionales
			c. Identificación calles con alto grado de escurrimiento para implementación de red pluvial o pavimentos permeables

Tabla 41 Línea de acción, dimensión y estrategia a mediano plazo
Fuente: Elaboración propia S.C.R.M (2024).

b. *Identificación de zonas con alto, medio y bajo grado de infiltración para considerar usos de suelo no urbanizables, actividades terciarias y habitacionales*

Con base en el “Mapa de Grado de Infiltración del caso de estudio Atlacomulco de Fabela, México” (Figura 84) y de la identificación de los grados de infiltración según el territorio se ubican las zonas con alto, medio y bajo grado de infiltración que se consideraran para el análisis y replanteamiento de los usos de suelo urbanos (para el futuro crecimiento de la ciudad). Las zonas con alto grado de infiltración se destinan a un uso de suelo no urbanizable reservado a la infiltración o captación de agua pluvial (área de infiltración o área de captación pluvial), las zonas con medio grado de infiltración para actividades terciarias parques y jardines públicos y las zonas con bajo grado de infiltración para habitacional considerando un Coeficiente de Absorción del Suelo (CAS) además del Coeficiente de Ocupación del Suelo (COS) y el Coeficiente de Utilización del Suelo (CUS) existentes en la normatividad de construcción (Figura 106).

(bloques de concreto que tienen pequeñas juntas entre ellos, permitiendo que el agua pase al subsuelo), asfalto poroso (asfalto que tiene menos partículas finas, permitiendo que el agua lo atraviese), y concreto permeable (similar al asfalto poroso, permite la infiltración del agua a través de su estructura abierta) (Figura 107).

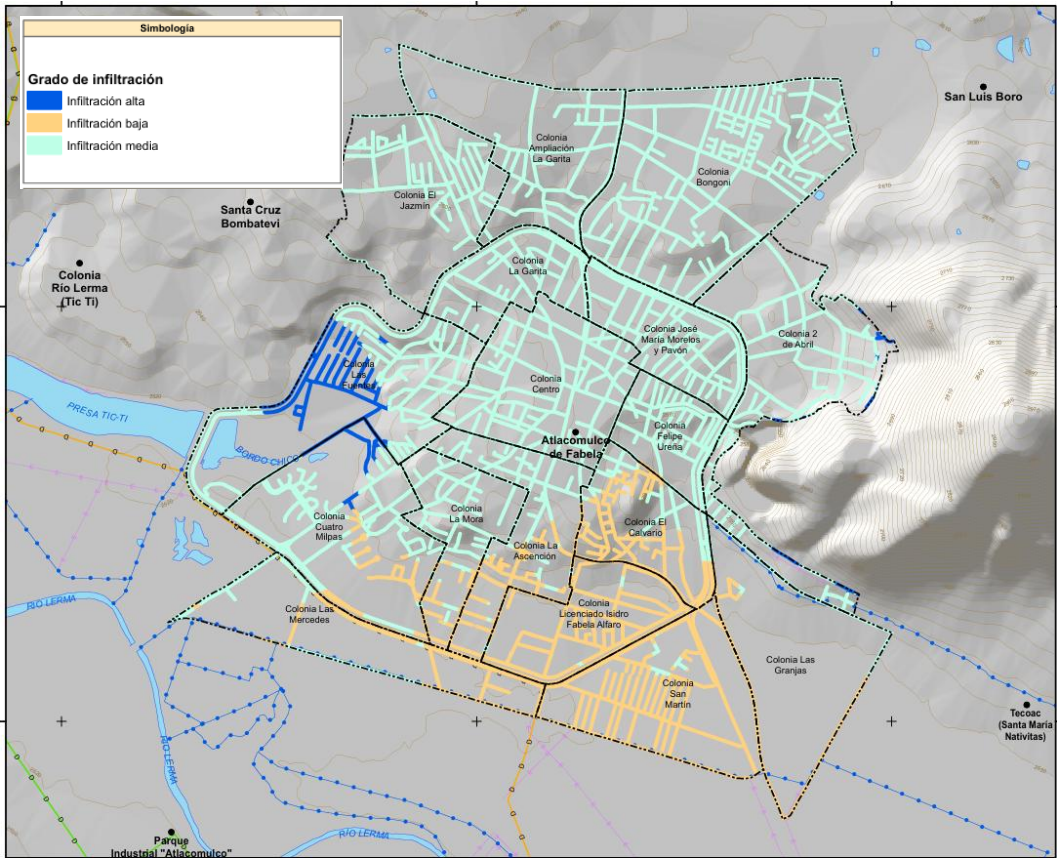


Figura 107 Calles con alto grado de infiltración y escurrimiento para implementación de red pluvial o pavimentos permeables
Fuente: Elaboración propia S.C.R.M (2024).

Temporalidad	Línea de acción	Dimensión	Estrategia (s)
Largo plazo (2050)	Dispositivos digitales	Social	Implementación de Medidores
			d. inteligentes en tomas domiciliarias y comerciales
			Implementación de Sensores en
			e. pozos, cuerpos de agua superficiales y de precipitación pluvial

La tabla continúa en la siguiente página

Temporalidad	Línea de acción	Dimensión	Estrategia (s)
		f.	Implementación de sistema local inteligente de agua

Tabla 42 Línea de acción, dimensión y estrategia a largo plazo
Fuente: Elaboración propia S.C.R.M (2024).

d. Implementación de Medidores inteligentes en tomas domiciliarias y comerciales y habitacionales

La implementación de medidores inteligentes en tomas domiciliarias y comerciales es un punto clave para mejorar la gestión hídrica. Estos dispositivos permiten recopilar datos detallados en tiempo real sobre el consumo de agua, facilitando el monitoreo preciso y en tiempo real, la detección de fugas y anomalías, y la optimización en la distribución del recurso. En todos los casos mencionados se estará generando información clave sobre patrones de consumo e irregularidades que se integraran en una plataforma que centralice los datos y permita a las autoridades tomar mejores decisiones sobre la gestión del agua. Esto conllevaría a la implementación de tarifas dinámicas y a la inversión puntual para la mejora de la infraestructura hídrica.

e. Implementación de Sensores en pozos, cuerpos de agua superficiales y de precipitación pluvial

La implementación de sensores en pozos, cuerpos de agua superficiales y de precipitación pluvial son herramientas clave en la gestión hídrica, la reducción de riesgos por inundación, y el incremento de la infiltración al manto freático.

Los sensores en pozos utilizan tecnología avanzada, como cables de fondo de pozo o sensores de nivel, que permiten medir de forma precisa el nivel estático y dinámico del agua. Estos datos ayudan a controlar el uso de los acuíferos y evitar su sobreexplotación.

Los sensores para cuerpos de agua superficiales miden el nivel de agua en ríos, lagos y otros cuerpos superficiales, proporcionando alertas tempranas en caso de crecidas y ayudando a

gestionar los recursos hídricos en temporadas de sequía o inundaciones.

Los Sensores de precipitación pluvial monitorean la cantidad de lluvia en tiempo real, permitiendo mejorar la gestión de drenajes urbanos (Sistemas Urbanos de Drenaje Sustentable SUDS).

Estos sistemas generan información que integrada en una plataforma central permite a las autoridades anticipar riesgos por inundación en épocas de lluvia y a gestionar el recurso hídrico permitiendo de forma sistemática el aumento de la infiltración, la reducción de la escorrentía y la captación de agua pluvial.

f. Implementación de Sistema Local Inteligente de Agua de Atlacomulco de Fabela, México (SLIAA)

Una vez transitadas las primeras etapas a corto mediano y largo plazo; la concreción del modelo se consolidaría con la creación e implementación de un Sistema Local Inteligente de Agua en Atlacomulco de Fabela, México (SLIAA).

Los datos recolectados se analizan usando algoritmos de big data e inteligencia artificial para identificar patrones en la distribución y comportamiento del agua para que con los gemelos digitales; se pueda crear un modelo virtual que replica el sistema hídrico de la ciudad, permitiendo realizar simulaciones que ayudan a predecir escenarios como inundaciones o sequías y ajustar las infraestructuras en consecuencia.

El uso de big data permite, a través de información estratégica, actualizada y en tiempo real, tomar decisiones más informadas para gestionar mejor el agua, reduciendo pérdidas y maximizando la eficiencia. El sistema controla los flujos de agua pluvial y regula su infiltración en el suelo, reduciendo el riesgo de inundaciones y mejorando (aumentando) la recarga de acuíferos mediante el control del ciclo de agua en tiempo real.

Este sistema mejora la captación de agua pluvial, disminuyendo la dependencia de fuentes

externas, además de tener la capacidad de predecir y gestionar eventos de riesgos y mejorar la seguridad hídrica urbana.

6.7 Cartera de proyectos hidro inteligentes según las estrategias y temporalidad para Atlacomulco de Fabela, México

Con base en las estrategias propuestas se presenta una propuesta de proyectos piloto a desarrollarse en el caso de estudio a corto y mediano plazo (Tabla 43).

Temporalidad	Estrategia	Proyecto	Descripción
Corto plazo (2027)	a	Jardines de lluvia	Áreas vegetadas que capturan y filtran agua de lluvia para reducir escorrentías y recargar acuíferos.
		Zonas de retención	Espacios para almacenar agua temporalmente en caso de lluvias intensas, evitando inundaciones.
		Pozos de absorción	Excavaciones en el suelo que suelen tener forma cilíndrica o redonda que permiten la infiltración de agua pluvial al subsuelo evitando inundaciones y contribuyendo a la recarga de acuíferos.
Mediano plazo (2030)	b	Parque inundable	Espacio verde que se inunda durante lluvias intensas y luego drena naturalmente permitiendo; en una parte, la infiltración.

Temporalidad	Estrategia	Proyecto	Descripción
	actividades terciarias y habitacionales		
	Identificación de calles con alto grado de infiltración y escurrimiento para implementación de red pluvial o pavimentos permeables	Calle hidro inteligente	Calle diseñada para gestionar de manera eficiente los recursos hídricos; maneja los escurrimientos y filtra el agua de lluvia minimizando los riesgos de inundación. Puede incluir pavimentos permeables, sistemas de drenaje inteligentes y tecnologías que monitorean en tiempo real la gestión del agua.
Largo plazo (2030)	Creación, desarrollo e implementación de una plataforma digital para la gestión inteligente de agua	Sistema Local Inteligente de Agua en Atlacomulco de Fabela, México (SLIAA)	Plataforma en tiempo real, basada en el análisis de datos masivos (Big Data) y modelos predictivos mediante el uso de Inteligencia Artificial (Smart Water Networks) para prever la demanda de agua, identificar patrones en el consumo, optimizar el tratamiento y distribución, e incluso predecir y mitigar riesgos asociados con la escasez o contaminación del agua. Integra datos de sensores, estaciones meteorológicas, niveles de los embalses, y otras fuentes de información para la toma de decisiones informadas.

La tabla continúa en la siguiente página

Temporalidad	Estrategia	Proyecto	Descripción
	Promoción de la Gobernanza e inteligente del agua	Agencia Hidro inteligente	Basada en la incorporación de las tecnologías digitales y sumando enfoques participativos se consolida una toma de decisiones más informada y adaptativa. La inclusión de la comunidad en la toma de decisiones y en el monitoreo de los recursos hídricos fortalece la transparencia y la confianza en las instituciones encargadas de la gestión del agua.

Tabla 43 Proyectos según estrategias para el Desarrollo Urbano Inteligente Sensible al Agua
Fuente: Elaboración propia S.C.R.M (2024).

6.8 Fondos de agua

Los Fondos de Agua son instrumentos financieros orientados a la gestión sostenible del agua y la protección de los ecosistemas hídricos en áreas específicas, generalmente cuencas hidrográficas. Estos fondos se crean para recaudar y administrar recursos con el fin de financiar proyectos que contribuyan a la conservación, restauración y gestión eficiente del agua. Su principal objetivo es garantizar la disponibilidad de agua limpia y suficiente para satisfacer las necesidades de las comunidades, la agricultura, la industria y el medio ambiente, todo dentro de un contexto de sostenibilidad a largo plazo.

La iniciativa de los Fondos de Agua surgió en América Latina como respuesta a los desafíos de la seguridad hídrica. El primer Fondo de Agua se estableció en Quito, Ecuador, en el año 2000, con el objetivo de proteger los humedales altoandinos que abastecen de agua a la ciudad. Este modelo ha sido replicado en diversas ciudades de la región, adaptándose a las necesidades locales y promoviendo la colaboración entre diferentes sectores. Actualmente, existen 26 Fondos de Agua en 11 países latinoamericanos, beneficiando a más de 22,8

millones de habitantes. Estos fondos han demostrado ser efectivos en la mejora de la calidad del agua y en la reducción de riesgos asociados a la escasez hídrica. La Alianza Latinoamericana de Fondos de Agua, cofinanciada por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), apoya la creación y fortalecimiento de estos fondos, promoviendo la colaboración y el intercambio de conocimientos entre ellos.

Los fondos de agua pueden adoptar diversos modelos de financiamiento y participación. Algunos de los más comunes incluyen:

- Aportaciones de empresas privadas, gobiernos, y organizaciones internacionales.
- Pago por servicios ambientales: En muchos casos, las empresas que dependen de la disponibilidad de agua limpia (como las del sector energético o de bebidas) contribuyen al fondo a cambio de la protección de las fuentes de agua que utilizan.
- Iniciativas de responsabilidad social empresarial (RSE): Las empresas que están comprometidas con la sostenibilidad ambiental pueden aportar recursos a estos fondos como parte de su compromiso social.
- Fondos públicos: Estos fondos son gestionados por gobiernos nacionales o locales y se financian con recursos públicos, impuestos o contribuciones específicas de ciudadanos o empresas.
- Donaciones de ONGs y organismos internacionales: Organizaciones no gubernamentales y entidades internacionales, como el Banco Mundial o el Fondo Mundial para el Medio Ambiente, también pueden aportar recursos a estos fondos. Estos actores a menudo ayudan a financiar proyectos de gran escala en países en desarrollo o en regiones con altos niveles de vulnerabilidad hídrica.

En México existen varios fondos de agua gestionados por organismos. Entre los más importantes se encuentran el gestionado por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) y el desarrollado por el Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza (FMCN).

Aunque los fondos de agua tienen un gran potencial para asegurar la gestión sostenible del agua, enfrentan varios desafíos. El más importante es la sostenibilidad financiera a largo

plazo (sobre todo en países con recursos limitados) depende de la capacidad de atraer inversores y donantes seguros. La coordinación de los diferentes actores es también un reto pues se requiere la cooperación y el trabajo en conjunto.

Los fondos de agua representan una oportunidad para proteger los recursos hídricos en un contexto de creciente demanda de agua y cambio climático, contribuyendo a la sostenibilidad de los ecosistemas y la calidad de vida de las comunidades.



II. Conclusiones y recomendaciones

El trabajo elaborado se fundamenta en qué; a lo largo del Siglo XX, la planeación urbana en América Latina y particularmente en México ha dejado de lado la gestión sostenible del agua pluvial ignorando su integración. La pregunta general giró en torno a ¿Por qué la sensibilidad al agua no ha sido y debe ser considerada para la planeación y el desarrollo de una ciudad inteligente? Como primera respuesta; en cuanto a la planeación urbana, se observó que los principales modelos de desarrollo urbano implementados han estado marcados por varias características distintivas.

En primer lugar, se ha priorizado el crecimiento económico, donde la planeación urbana se ha centrado en la industrialización y la expansión de las ciudades. En este contexto, el agua se ha considerado simplemente como un insumo más para la producción, desestimando su valor ambiental y vital para los seres humanos, así como las implicaciones que esto conlleva. Además, el enfoque adoptado ha sido centralizado y rígido, por lo que la gestión del agua desde la visión gubernamental ha sido limitada, prueba de ello es que la planificación se ha basado en un modelo "de arriba hacia abajo", lo que ha significado una fuerte intervención estatal, acompañado de un conjunto de regulaciones establecidas desde el centro. Este enfoque ha condicionado la participación de los ciudadanos y ha restringido la adaptación a las necesidades locales.

Otro aspecto es que estos modelos tienden a ser estáticos. Los planes se han elaborado como visiones finales idealizadas de las ciudades, sin ofrecer la flexibilidad necesaria para ajustarse a las realidades urbanas en constante cambio, situación que impide la actualización, seguimiento y evaluación de las estrategias. Y, lo que es de mayor interés para esta tesis; es la evidente desvinculación entre la planeación hídrica y la urbana, ya que la gestión del agua se ha tratado de manera separada, sin una integración efectiva en el desarrollo integral de las ciudades. La urbanización descontrolada y la impermeabilización del suelo han incrementado el riesgo de inundaciones; fenómeno particularmente preocupante en el contexto del cambio climático, que intensifica los eventos meteorológicos extremos a los cuales ninguna ciudad está exenta.

Esta falta de coordinación ha llevado a desafíos significativos en la sostenibilidad y el manejo adecuado de los recursos hídricos en entornos urbanos.

El modelo tradicional de gestión del agua en las ciudades, utilizado durante el Siglo XX ampliamente, se ha caracterizado principalmente por un enfoque basado en la oferta, en el que se prioriza el abastecimiento constante de agua a la población sin tomar en cuenta la gestión de la demanda ni la eficiencia en su uso. En lugar de optimizar el consumo, se ha apostado por construir grandes infraestructuras hidráulicas para transportar agua desde fuentes lejanas, muchas veces a costa de la degradación de ecosistemas y la sobreexplotación de acuíferos; partiendo de la premisa de que el agua es un recurso inagotable, disponible para satisfacer indefinidamente las necesidades urbanas. Esta sobreexplotación se ha convertido en una preocupación crítica, ya que la extracción excesiva de agua subterránea se realiza sin tener en cuenta la necesaria recarga del recurso, lo que no solo ha agotado las reservas de agua, sino que también ha afectado su sostenibilidad a largo plazo lo que sin duda condiciona las crisis hídricas en el desarrollo urbano.

En otra vertiente; también se tiende a ver el agua como un bien privado o mercancía, donde los criterios económicos prevalecen, priorizando la rentabilidad y eficiencia financiera sobre la sostenibilidad y equidad social. Esta visión fomenta una cultura de consumo excesivo, sin que se promuevan prácticas de ahorro y reutilización del recurso. La principal consecuencia de esta visión lineal y centralizada es el deterioro de la calidad de vida. Como ejemplo claro; la contaminación de las fuentes de agua con sustancias nocivas y desechos industriales y urbanos que son vertidos en cuerpos de agua; con lo que se ha comprometido la calidad del agua y se ha puesto en riesgo la salud de las personas.

Otro rasgo fundamental es la dependencia de infraestructuras "duras" y centralizadas, como sistemas extensos de tuberías, alcantarillado y plantas de tratamiento. Este tipo de infraestructura ignora las capacidades naturales del suelo y la vegetación para absorber y regular el agua, lo que ha generado una desconexión entre los ciudadanos y el ciclo natural del agua, ya que gran parte de su recorrido ocurre bajo tierra y se percibe como un servicio invisible. La ciudadanía se mantiene al margen, con escasa o nula participación en la toma de decisiones.

Además, la gestión del agua se caracteriza por ser fragmentada y descoordinada. Los organismos responsables suelen operar de forma aislada, sin una colaboración real con entidades de planeación urbana, obra pública y protección civil, lo cual resulta en decisiones y acciones ineficientes e incluso contradictorias que comprometen la seguridad hídrica y la prevención de riesgos.

En suma; es indudable, que persiste la falta de una visión holística en la planeación urbana que considere al agua como un elemento central del desarrollo urbano, permitiendo la construcción de ciudades sostenibles, resilientes e inteligentes con respecto al agua que a su vez consideren un enfoque participativo que reflexione:

- El agua como un derecho humano fundamental y un bien común.
- La gestión de la demanda y la eficiencia en el manejo del agua.
- La base ciudadana en la toma de decisiones.
- Si bien; se ha experimentado una evolución a lo largo del tiempo; aún es notable la insuficiente integración y desarticulación entre ambas esferas.
- Desde una mirada normativa; considerando los instrumentos de planeación urbana que van desde el Manual para la elaboración de Planes de Desarrollo Urbano de Centros de Población de 1981 y hasta la Norma Oficial Mexicana NOM-003-SEDATU-2023 es posible identificar que:
 - El agua ha sido reconocida como un elemento fundamental para la vida urbana.
 - Se ha resaltado la necesidad de planificar y desarrollar infraestructura hidráulica adecuada para el almacenamiento, distribución, tratamiento y reutilización del agua.
 - Se ha reconocido la importancia de la prevención de inundaciones a través de sistemas de drenaje eficientes y la conservación de áreas naturales como zonas de absorción.
 - Y, se ha destacado la necesidad de proteger las fuentes de agua para asegurar la disponibilidad y calidad del recurso a largo plazo.

A pesar de estos aciertos, los instrumentos normativos del desarrollo urbano no han logrado articular adecuadamente la gestión del agua, a pesar de mencionar la sustentabilidad como criterio.

El análisis de los instrumentos en el tema de agua se distinguieron dos perspectivas principalmente; una como recurso y otra como riesgo. La Ley de Aguas Nacionales, el Programa Nacional Hídrico, el Programa Hídrico Integral del Estado de México y el Plan de Desarrollo del Estado de México coinciden en la necesidad de gestionar el agua para garantizar su disponibilidad y calidad, tanto en zonas urbanas como rurales. Sin embargo, la Ley de Aguas Nacionales (LAN), a pesar de ser la principal normativa, no se ha actualizado suficientemente por lo que sus enfoques están desactualizados. En su última modificación significativa en 2004 no incorpora enfoques contemporáneos como la gestión por cuencas o la importancia del ciclo hidrológico completo.

Por su lado, lo que se registra como acierto, son los programas de protección civil; los cuales reconocen el papel del agua en la gestión de riesgos, promoviendo su integración en los planes de desarrollo urbano.

En este sentido; se requiere una reforma y actualización profunda de los marcos legales y la creación de nuevos instrumentos para una gestión integrada, sostenible e inteligente del agua en el desarrollo urbano, normativas actualizadas y a escala local que integren el agua como eje central en la planeación urbana; para lo que, como punto de partida, se propone un nuevo estilo de planeación: la planeación urbana hídrica pluvial, que integre el ciclo del agua de forma integral y contemple los principios de una ciudad inteligente que evolucione en el corto, mediano y largo plazo para alcanzar un modelo de desarrollo urbano sostenible.

Respondiendo a la pregunta general que motivo esta investigación, se afirma que la planificación urbana del Siglo XX no ha considerado el agua como un eje central del desarrollo; condición que ha llevado a vislumbrar nuevos enfoques en los primeros años del XXI, y que ha quedado demostrado a lo largo de los capítulos I y II.

Uno de los principales cambios que se han dado es la incorporación de la sostenibilidad como un pilar fundamental, donde el desarrollo sostenible y la gestión responsable del agua pasaron

a ser prioridades. Este enfoque busca asegurar que el crecimiento urbano no comprometa los recursos hídricos de las generaciones futuras.

De igual manera, se reconoció la importancia de integrar la planeación hídrica y urbana; integración que busca un uso más eficiente del agua, donde la planeación de usos de suelo, infraestructuras y espacios urbanos tenga en cuenta las necesidades y limitaciones del recurso hídrico.

La innovación tecnológica también empezó a desempeñar un rol clave. Mediante sistemas de información y herramientas avanzadas, se promueve la eficiencia y conservación del agua, lo que permite monitorear su uso y facilitar la toma de decisiones en tiempo real. Además, se ha prestado atención a la escala local, destacando el potencial de las ciudades intermedias para implementar modelos de gestión del agua más sostenibles, adaptados a sus características y necesidades específicas.

Entre los ejemplos de estos enfoques destacan el Diseño Urbano Sensible al Agua (WSUD), originario de Australia, que integra el ciclo del agua en la planificación urbana para lograr un equilibrio ecológico y la protección del medio ambiente. También destaca la Ciudad Esponja, desarrollada en China, que se basa en la capacidad del suelo para absorber y retener agua mediante soluciones como pavimentos permeables y techos verdes, reduciendo así la escorrentía superficial y mitigando los riesgos de inundaciones.

A pesar de estos avances, aún queda mucho por hacer para lograr una gestión sostenible del agua pluvial en las ciudades de América Latina y; particularmente en México. Mediante la recolección y análisis de información durante el proceso de investigación se genera la siguiente hipótesis de trabajo; es imperante la necesidad de superar los modelos tradicionales de planeación urbana y gestión del agua en las ciudades, que se han caracterizado por ser fragmentados, ineficientes e insostenibles; requiriendo un cambio de paradigma que priorice la conservación del agua, la integración de la planeación hídrica y urbana, la incorporación de tecnología e innovación y la participación ciudadana; para lograr un desarrollo urbano inteligente y sensible al agua que reduzca los riesgos y logre la eficiencia en el manejo del recurso hídrico a largo plazo.

En atención a estas condiciones y dando cumplimiento al objetivo planteado; esta tesis propone un modelo de Desarrollo Urbano Inteligente y Sensible al Agua (DUISA) el cual se asume como un nuevo modelo de desarrollo urbano que busca integrar la gestión del ciclo del agua en la planeación urbana, particularmente en ciudades intermedias y particularmente a partir del análisis del caso de estudio de Atlacomulco de Fabela, México.

Metodológicamente; el desarrollo del modelo partió de un enfoque cualitativo, inductivo y explicativo, cualidades que permitieron usar los datos recabados desde el apartado teórico y empírico para la construcción de este. Los métodos empleados a lo largo de la investigación fueron:

- La teoría fundamentada, utilizada para generar el modelo a partir de la codificación y categorización de datos para identificar patrones.
- La hermenéutica crítica, empleada para la reflexión sobre los componentes de la planeación urbana hídrica pluvial a través de una interpretación más amplia y profunda de la realidad, considerando el contexto histórico y social.
- Y la historia comparada, utilizada para analizar los instrumentos normativos de planeación urbana e hídrica en México, y para comprender los criterios que han determinado históricamente la planeación urbana e hídrica del caso de estudio.

Referente a los instrumentos para el trabajo de campo; se aplicaron dos de carácter cualitativo: grupos focales y entrevistas semiestructuradas. Cabe señalar que la aplicación se realizó a los actores identificados como fundamentales en la construcción del modelo; que fueron: sector público, sector privado, organizaciones de la sociedad civil, ciudadanía y academia. La selección de participantes para la aplicación de los instrumentos se basó en criterios como su rol en el manejo y gestión del agua, su experiencia con inundaciones y su nivel de participación en la planeación urbana e hídrica. En cuanto a los grupos focales se realizó uno con el sector público y otro con la ciudadanía con el objetivo de conocer sus perspectivas sobre la gestión del agua en las ciudades. Las entrevistas semiestructuradas se aplicaron a actores de los sectores público, privado, organizaciones de la sociedad civil y academia. Tanto las entrevistas como los grupos focales se grabaron en audio para facilitar su posterior análisis de contenido.

A partir de esta información y para iniciar la transición hacia el modelo DUISA se establecieron cuatro dimensiones principales a intervenir: natural, física espacial, social e instrumental. La dimensión natural abarca las características del medio físico natural que favorecen la sensibilidad al agua, permitiendo o facilitando la infiltración y reduciendo la escorrentía. La dimensión física espacial contempla los aspectos que resultan de la intervención humana con relación al agua en el territorio. La dimensión social considera la relación entre los ciudadanos, el agua y la tecnología. Y la dimensión instrumental engloba los aspectos relativos a la planeación urbana y la planeación hídrica-pluvial.

Es fundamental destacar que la intervención en estas dimensiones debe ser integral y considerar las características específicas de cada ciudad y su vulnerabilidad; además del papel fundamental de los actores para el modelo, pues son parte de la construcción de un esquema de gobernanza que deba acompañar las estrategias y directrices planteadas. Si bien DUISA está diseñado para Atlacomulco de Fabela, su fundamento metodológico permite su extensión al municipio y su réplica en otros lugares con condiciones similares. Su cualidad *per se* de flexibilidad favorece su adecuación mediante una reflexión de las dimensiones, subdimensiones e índices según las características del caso. La adaptabilidad del modelo a diferentes contextos es clave para promover la gestión inteligente del agua a nivel global.

Una vez definidas las dimensiones de análisis se ejecutaron dos procesos con base en las cualidades del caso de estudio.

El primero; la superposición de capas a través de Sistemas de Información Geográfica (SIG) para observar las características del territorio y determinar las áreas más adecuadas para la infiltración del agua y la reducción de la escorrentía. El proceso de superposición de capas en el estudio se dividió en dos etapas: en la primera etapa se integraron los indicadores de la dimensión natural, que son aquellos que no se pueden modificar y a los que la planificación urbana debe adaptarse; de esto resultó la creación del "Mapa de Infiltración de Atlacomulco de Fabela, México" en el que se identifican los grados de infiltración en el territorio según sus características. En la segunda etapa se realizó el cruce del mapa de infiltración con la traza urbana para evaluar la idoneidad de los pavimentos, un indicador de la dimensión física espacial que sí se puede modificar mediante estrategias de planeación. Estos mapas proporcionaron información valiosa para el diseño del modelo DUISA, ya que permitieron

determinar las áreas más adecuadas para la implementación de estrategias de gestión del agua de lluvia, como la construcción de pavimentos permeables y la incorporación proyectos de soluciones basadas en la naturaleza que favorezcan la infiltración, reduzcan la escorrentía y aumenten la evapotranspiración.

El segundo proceso; correspondiente al análisis del discurso, se realizó utilizando el software Atlas.ti que permite codificar, categorizar y analizar datos provenientes de las entrevistas y grupos focales. El objetivo principal fue identificar los temas clave para comprender las perspectivas de los diferentes actores sobre la gestión del agua en la ciudad y su visión para el modelo DUISA. Para tales efectos se llevaron a cabo tres etapas principales, siguiendo el método de la Teoría Fundamentada: i) la codificación Abierta en donde se identificaron y crearon códigos, ii) la codificación axial en la que se establecieron relaciones entre los códigos y categorías identificados en la etapa anterior, organizándolos en estructuras más significativas y comprensibles y iii) la codificación selectiva que estableció las relaciones entre las categorías de análisis establecidas (planeación hídrica pluvial, planeación urbana, y relación ciudadano-agua) y entre los actores y los códigos de las categorías. Estas relaciones se visualizan mediante nubes de palabras que muestran la frecuencia de los temas y gráficos que ilustran las frecuencias de los conceptos. A partir de la interpretación de estos resultados, se obtuvieron los insumos necesarios para el diseño del modelo DUISA.

La aplicación de estos métodos de investigación permitió un análisis exhaustivo del caso de estudio, considerando aspectos históricos, normativos, territoriales y sociales. La combinación de la teoría fundamentada, la hermenéutica crítica, el método histórico comparativo, la superposición de capas y el análisis del discurso; contribuyó a la creación de un modelo sólido y adaptado a las particularidades de Atlacomulco de Fabela.

El caso de estudio se caracterizó, describió y analizó a partir de las dimensiones (4), subdimensiones (10) e índices (24) definidos. A partir de esto se develó que enfrenta varias amenazas significativas en relación con la gestión del agua, muchas de las cuales están directamente relacionadas con la historia del desarrollo urbano de la ciudad; entre las que destacan:

-La sobreexplotación del acuífero Ixtlahuaca-Atlacomulco, del cual depende la ciudad y que se encuentra bajo veda rígida debido a que la extracción de agua ha superado la recarga en un 74.8%. Esto significa que la disponibilidad de agua subterránea es limitada y no se espera que mejore a corto plazo.

-El crecimiento urbano descontrolado; ya que, a partir de la década de 1950 la ciudad experimentó un rápido crecimiento urbano e industrial. Este crecimiento se ha producido en gran medida de forma desordenada y sin tener en cuenta la capacidad de los recursos hídricos para satisfacer la creciente demanda. La expansión urbana ha invadido zonas agrícolas y forestales, lo que reduce la capacidad de recarga de los acuíferos, además de que el crecimiento en zonas con topografía accidentada dificulta la provisión de servicios de agua potable.

- La contaminación del agua no solo superficial sino subterráneas debido al mal manejo de aguas residuales domésticas, industriales y agrícolas.
- El riesgo de inundaciones pues es una zona propensa debido a la topografía del terreno y la insuficiencia de la infraestructura de drenaje.
- Las deficiencias en la gestión del agua ya que a pesar de la existencia de planes de desarrollo urbano; existe una falta de coordinación entre las diferentes administraciones y dependencias gubernamentales situación que ha dificultado la implementación de medidas efectivas para la conservación y el uso racional del agua.
- La falta de presupuesto también ha limitado la capacidad del Organismo Descentralizado de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento (O.D.A.P.A.S.), del departamento de desarrollo urbano y de protección civil para operar, mantener e innovar en cuanto al manejo del recurso hídrico.

-La evolución histórica del desarrollo urbano de Atlacomulco está estrechamente ligada a la gestión del agua evidenciada en la configuración inicial de la ciudad donde se utilizaban sistemas tradicionales de captación de agua pluvial como los jagüeyes que, con la introducción del sistema de agua potable centralizado a principios del Siglo XX, fueron abandonados.

Con base en lo anterior el modelo DUISA se concibe entonces como una propuesta de sostenibilidad que busca integrar los principios naturales, sociales, instrumentales y físico-espaciales para minimizar el impacto ambiental del desarrollo urbano en ciudades intermedias. Se centra en la gestión eficiente del agua para satisfacer las necesidades urbanas, ciudadanas y ambientales. Su objetivo principal es integrar de manera inteligente la gestión del agua en el diseño y la planeación urbana, utilizando tecnología para mitigar el impacto del cambio climático y garantizar un desarrollo urbano sostenible a largo plazo. Busca crear una ciudad hidro inteligente, es decir, resiliente, adaptable y equilibrada en el manejo del agua. Su implementación requiere de un enfoque integral, participativo e innovador, que permita aprovechar las oportunidades y afrontar los desafíos que presenta la gestión del agua en el Siglo XXI.

Teóricamente DUISA se sustenta en tres pilares fundamentales:

- El plan como estrategia: es necesario trascender la visión tradicional de la planeación urbana, que se ha centrado en la zonificación funcional de los asentamientos humanos en atención a los intereses económicos y político-sociales, dejando de lado la importancia del agua. Los planes urbanos deben evolucionar hacia instrumentos estratégicos, integrales y flexibles que se adapte a las condiciones locales, que integren la gestión del agua como un elemento central del desarrollo urbano considerando la disponibilidad, las características geográficas y climáticas y las necesidades de la población.
- La tecnología como innovación: la tecnología constituye una herramienta clave hacia la ciudad inteligente que busca la calidad de vida a través de la eficiencia en la gestión del agua y la participación ciudadana en la toma de decisiones. La innovación tecnológica debe estar al servicio de la sostenibilidad y la mejora de la calidad de vida de la población, no como fin en sí misma. Es importante asegurar que la tecnología sea accesible para todos los ciudadanos y que se utilice de forma responsable y ética; que se sume por un lado a un gobierno transparente y eficiente que promueva políticas públicas que fomenten la protección y gestión responsable del recurso hídrico y por otro; a una ciudadanía consciente y activa que impulse cambios en los patrones de

consumo, promueva la adopción de prácticas sostenibles y presione a las autoridades para la implementación de políticas hídricas pertinentes.

- La escala como aptitud: las ciudades intermedias, por su tamaño y características, ofrecen una oportunidad única para implementar este modelo de desarrollo. Las ciudades intermedias pueden ser laboratorios de experimentación para modelos de desarrollo urbano innovadores y sostenibles. Su tamaño facilita una gestión más eficiente de los recursos hídricos, una mayor participación ciudadana y una mejor adaptación a las condiciones locales, promoviendo la recarga de acuíferos, la reutilización del agua y la protección de los ecosistemas. Es importante destacar que la escala no es el único factor determinante, y que las ciudades de mayor tamaño también pueden implementar estrategias para una gestión sostenible del agua. Sin embargo; las ciudades medias al no estar sujetas a las mismas inercias y rigideces que las grandes urbes, tienen mayor flexibilidad para adoptar innovaciones tecnológicas, implementar soluciones a medida y adaptar las políticas a las necesidades locales. Es fundamental abordar desafíos específicos como la falta de recursos financieros y técnicos, la debilidad institucional y la presión del crecimiento demográfico para promover políticas públicas que apoyen su desarrollo inteligente.

El DUISA tiene cuatro elementos clave: i) la gestión integrada del ciclo del agua, lo que implica un enfoque holístico en el manejo de este recurso, considerando cada fase del ciclo hidrológico y su interacción con las ciudades. Este tipo de desarrollo busca que el agua, en sus diferentes etapas, sea gestionada de manera interconectada y adaptativa, reconociendo su papel esencial en el entorno urbano y su influencia en la sostenibilidad de las ciudades, ii) un plan escalado de gestión del agua, en el que se identifiquen y evalúen las características territorio y las fuentes disponibles, se analice la demanda y se planifique la infraestructura adecuada. Esto incluye la implementación de medidas de conservación que promuevan un uso responsable del agua, asegurando su disponibilidad para futuras generaciones, iii) la infraestructura azul, ya que utiliza soluciones basadas en la naturaleza, como sistemas que aprovechan la escorrentía, fomentan la infiltración y facilitan la evaporación y retención del agua. Estas soluciones naturales contribuyen a un equilibrio entre el desarrollo urbano y la

conservación ambiental, reduciendo el impacto en los ecosistemas y aprovechando los servicios que estos ofrecen y, por último, iv) la participación ciudadana; ya que involucrar a la comunidad en la toma de decisiones y en la implementación de soluciones permite que las personas tomen conciencia sobre la importancia del agua y participen activamente en su gestión. En este contexto, la educación ambiental, la creación de consejos ciudadanos del agua y la promoción de una responsabilidad compartida fortalecen el compromiso de todos los actores en el cuidado y sostenibilidad de los recursos hídricos.

DUISA se estructura en cinco componentes:

1. Temporalidad: Define plazos para la ejecución del modelo: corto (3 años), mediano (2030) y largo plazo (2050).
2. Dimensiones: Considera tres dimensiones interrelacionadas: natural (edafología, topografía, etc.), física espacial (infraestructura, morfología urbana) y social (relación ciudadano-agua). La dimensión natural engloba aspectos propios del contexto local, entre los que se podrían destacar; la capacidad del suelo para absorber y retener agua y la precipitación. Un alto grado de infiltración reduce la escorrentía superficial, minimizando el riesgo de inundaciones y recargando los acuíferos. La planeación urbana debe considerar la capacidad de infiltración del suelo para determinar las zonas adecuadas para la urbanización y la implementación de Soluciones Basadas en la Naturaleza (SbN). La dimensión física espacial; de la que destacan los usos del suelo, debe priorizar la reducción de superficies impermeables a través la creación de áreas verdes y la implementación de pavimentos permeables. El enfoque debe integrar usos del suelo con la gestión del agua para minimizar los impactos negativos de la urbanización en el ciclo hidrológico. La implementación de tecnologías de forma progresiva es crucial. Y en cuanto a la dimensión social; resalta, la cultura del agua como pieza fundamental para lograr la sostenibilidad en la gestión del recurso. Es necesario sensibilizar a la población sobre la importancia del agua, su ciclo natural, los desafíos de la escasez y la contaminación, y promover prácticas de uso responsable y eficiente en relación con la innovación tecnológica.

3. Líneas de acción: Se establecen medidas para alcanzar el objetivo del modelo, organizadas en tres áreas: Soluciones Basadas en la Naturaleza, Planeación urbana hídrica pluvial y Dispositivos digitales.
4. Pilares: Principios que sostienen el modelo: Ciudadano hidro inteligente, Liderazgo inteligente, Innovación e investigación, Marco normativo local de planeación urbana hídrica pluvial y Sistema local inteligente de agua.
5. Ejes transversales: Principios que impactan en todo el modelo: Innovación tecnológica, Actualización instrumental y Estrategias de financiamiento.

DUISA involucra a diversos actores a partir del nuevo contrato hidro social en el que la gestión del agua no es solo responsabilidad de las autoridades, sino que requiere, como soporte, la participación de la ciudadanía. Un ciudadano hidro inteligente quien; a partir del enfoque del modelo de la gobernanza en el recurso hídrico, sea integrado en la planificación, implementación y monitoreo de las políticas de gestión inteligente del agua desde la planeación urbana hídrica pluvial. El nivel de integración requerido sería tal que surge la *Agencia Hidro inteligente* liderada por una persona con un perfil similar al de un *City Manager*, pero especializada en la gestión inteligente del recurso hídrico; podría ser llamada un *Smart Urban Water Resource Manager (SUWRM)* o un *Gestor Urbano Inteligente de Recursos Hídricos (GUIRH)*.

1. Ciudadanía: Base del modelo, adoptando prácticas responsables de manejo del agua y participando en la toma de decisiones. La participación ciudadana permite la construcción de consensos, la identificación de necesidades locales y la generación de soluciones más efectivas y sostenibles.
2. Organizaciones de la sociedad civil: Facilitan la educación y concientización, actuando como mediadores entre la ciudadanía y el gobierno.
3. Sector público: Establece el marco normativo, políticas públicas y facilita la integración de tecnologías. Los departamentos, áreas o direcciones básicas a participar son: Desarrollo urbano, Obras públicas, Protección civil y Organismo operador de agua. Se recomienda integrar también a Medio Ambiente y Finanzas.

4. Sector privado: Facilita tecnologías innovadoras, implementa infraestructuras resilientes y colabora en la financiación de proyectos.
5. Academia: Genera investigación, soluciones técnicas, formas profesionales y asesora a gobiernos y empresas.

DUISA se implementa en Atlacomulco a través de estrategias específicas para cada línea de acción y plazo; las cuales son:

- A corto plazo: Identificación de zonas prioritarias para la implementación de soluciones basadas en la naturaleza, como jardines de lluvia, zonas de retención y pozos de absorción.
- A mediano plazo: Identificación de zonas con alto, medio y bajo grado de infiltración para regular los usos de suelo, considerando la creación de parques inundables. También se propone la identificación de calles con alto grado de infiltración y escurrimiento para la implementación de redes pluviales o pavimentos permeables, como calles hidro inteligentes.
- A largo plazo: Implementación de medidores inteligentes en tomas domiciliarias y comerciales, sensores en pozos, cuerpos de agua superficiales y de precipitación pluvial y un Sistema Local Inteligente de Agua (SLIAA) que utiliza big data y gemelos digitales para la toma de decisiones.

El modelo de Desarrollo Urbano Inteligente Sensible al Agua (DUISA) propuesto para Atlacomulco de Fabela, México, se alinea de manera significativa con la Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de las Naciones Unidas.

Al centrarse en la gestión inteligente del agua en la planeación urbana, aborda directamente varios ODS, particularmente:

- ODS 6: Agua limpia y saneamiento: El modelo DUISA busca garantizar la disponibilidad y la gestión sostenible del agua y el saneamiento para todos. Se propone la implementación de sistemas de captación y almacenamiento de agua pluvial, la promoción de la infiltración y la recarga de acuíferos, así como la mejora de la eficiencia en el uso del agua en edificaciones y espacios públicos.

- ODS 11: Ciudades y comunidades sostenibles: El modelo promueve ciudades inclusivas, seguras, resilientes y sostenibles. Al integrar la gestión del agua en la planeación urbana, se busca crear ciudades más resilientes frente al cambio climático y los desastres naturales, y mejorar la calidad de vida de los habitantes.
- ODS 9: Industria, innovación e infraestructura: DUISA fomenta la innovación tecnológica en la gestión del agua, incluyendo la implementación de un Sistema Local Inteligente de Agua (SLIA) basado en big data, gemelos digitales y Robust Decision Making (RDM).
- ODS 13: Acción por el clima: DUISA busca mitigar el impacto del cambio climático en las ciudades a través de la gestión inteligente del agua, la promoción de Soluciones Basadas en la Naturaleza (SbN) para la gestión del agua y la reducción de la huella hídrica urbana.
- ODS 17: Alianzas para lograr los objetivos: El modelo DUISA enfatiza la importancia de la colaboración entre diversos actores, incluyendo la ciudadanía, las organizaciones de la sociedad civil, el sector público, el sector privado y la academia, para lograr una gestión sostenible del agua en las ciudades.

Específicamente; en cuanto a la Agenda 2030 el modelo DUISA se alinea mediante:

- La implementación de Soluciones Basadas en la Naturaleza: Promueve la creación de infraestructura verde para la gestión del agua, como jardines de lluvia, techos verdes y pavimentos permeables. Estas soluciones ayudan a reducir los escurrimientos, mejorar la infiltración, recargar los acuíferos y crear espacios públicos más verdes y resilientes.
- La promoción de la participación ciudadana en la gestión del agua: El modelo DUISA reconoce la importancia de involucrar a la ciudadanía en la toma de decisiones y en la implementación de soluciones para la gestión del agua. Se fomenta la creación de consejos ciudadanos de agua, la implementación de programas de educación ambiental y la promoción de la cultura del agua.

- La actualización de los instrumentos de planeación urbana e hídrica: El modelo DUISA propone la actualización de los planes de desarrollo urbano e hídricos para integrar la gestión del agua como un eje central del desarrollo urbano. Se busca que los planes sean más flexibles, adaptables a las condiciones locales y que incorporen indicadores de sostenibilidad para la gestión del agua.

Finalmente, DUISA busca:

- Mitigar el impacto del cambio climático.
- Garantizar un desarrollo urbano sostenible, resiliente e inteligente.
- Asegurar el manejo eficiente y por tanto la disponibilidad de agua a largo plazo.
- Prevenir inundaciones.
- Mejorar la calidad de vida de los habitantes.
- Promover la innovación tecnológica en la gestión hídrica.

A partir del modelo se reconoce que tanto Atlacomulco de Fabela, como el Estado de México y en general México y América Latina; enfrentan una serie de retos; que son más bien oportunidades, para lograr un Desarrollo Urbano Inteligente Sensible al Agua. Los más notables serían:

- Visión del agua como insumo y no como eje del desarrollo urbano: se ha considerado al agua como un insumo para las actividades humanas, principalmente económicas, y no como un eje fundamental del desarrollo urbano.
- Desvinculación entre la planificación hídrica y la planeación urbana: la separación de la planeación hídrica y la planeación urbana ha resultado en decisiones improvisadas, descoordinadas e incluso en la ausencia de políticas integrales para la gestión sostenible e inteligente del agua, lo que ha generado estrés hídrico y ambiental.
- Desactualización de enfoques: los instrumentos jurídicos y normativos no han evolucionado a la par con las necesidades actuales; como la gestión basada en cuencas y microcuencas. Es primordial la actualización constante del marco normativo, así como la generación de nuevos instrumentos, incluyendo leyes, que consideren: la

gestión integrada del agua; la recarga de acuíferos, la integración de soluciones basadas en la naturaleza y la captación de agua de lluvia, la promoción de la participación ciudadana y, la innovación e inversión en tecnologías eficiente. La normativa debe ser clara, concisa y adaptable a las particularidades de cada contexto local.

- Sobreexplotación de acuíferos: la falta de políticas de conservación, tratamiento, recarga y reutilización del agua, junto con la débil aplicación de la legislación por parte de organismos públicos, ha llevado a la sobreexplotación de los acuíferos.
- Contaminación del agua: la expansión urbana desordenada y la falta de control sobre las descargas industriales, agrícolas y domésticas sin tratamiento adecuado han contaminado las fuentes de agua, tanto superficiales como subterráneas.
- Crecimiento urbano descontrolado: el crecimiento urbano descontrolado ha llevado a la invasión de zonas de recarga de acuíferos, aumentando el riesgo de inundaciones y la pérdida de ecosistemas vitales.
- Débil cultura del agua y limitada participación ciudadana: existe una falta de conciencia sobre la importancia del agua y la necesidad de un uso responsable y eficiente del recurso por parte de la población. La falta de participación ciudadana en la gestión del agua ha limitado la implementación de soluciones consensuadas y adaptadas a las necesidades locales. Es necesario implementar programas educativos y de sensibilización para promover el uso responsable y eficiente del agua por parte de la población.
- Débil coordinación institucional y falta de continuidad en las políticas públicas: es evidente la ausencia de una visión integral y la falta de continuidad en las políticas públicas que han llevado a la implementación de soluciones aisladas y a corto plazo. Se requiere una cooperación entre las instancias del sector público y el sector público con el privado para impulsar la inversión en infraestructura hídrica sostenible y la implementación de tecnologías innovadoras para la gestión del agua. Estas a su vez; requieren una visión a largo plazo que considere las futuras necesidades de la población y los impactos del cambio climático.

- Ausencia de instrumentos en el ámbito local: la falta de coordinación entre los diferentes niveles de gobierno (federal, estatal y municipal) ha generado una fragmentación en la gestión del agua, con planes y programas que no siempre se alinean con las necesidades locales; de hecho, no existen instrumentos de planeación hídrica a nivel municipal.
- Influencia de intereses económicos y políticos: la gestión del agua ha estado influenciada por intereses económicos y políticos, se ha generado un mercado del agua cuando el agua jamás debería convertirse en una mercancía. Se ha priorizado la asignación del recurso a grandes empresas y proyectos de desarrollo, en detrimento de las necesidades de las comunidades locales y la protección del medio ambiente. La corrupción y la falta de transparencia en la gestión del agua han generado desconfianza en las instituciones y han dificultado la implementación de políticas públicas efectivas.
- Financiamiento: la implementación de tecnologías e infraestructuras inteligentes requiere de una inversión significativa. La percepción del agua como un servicio público gratuito o de bajo costo ha desincentivado la inversión en la mejora de la infraestructura y la adopción de innovación tecnológica.
- Brecha digital: es necesario asegurar el acceso equitativo a la tecnología y la capacitación de la ciudadanía en su apropiación y aplicación.
- Ausencia y escasez de datos: la falta de sistemas de recolección de información y monitoreo del ciclo del agua ha dificultado la toma de decisiones basadas en datos y la evaluación del impacto de las políticas implementadas.
- Privacidad y seguridad de los datos: La recopilación y el uso de datos por parte de las ciudades inteligentes deben estar sujetos a regulaciones que protejan la privacidad de la ciudadanía.

El modelo de Desarrollo Urbano Inteligente Sensible al Agua (DUIISA) presentado ofrece un amplio abanico de posibilidades para futuras líneas de investigación dentro del campo del urbanismo y la consolidación de la ciudad hidro inteligente. Las propuestas serían:

- Integración de la gestión del ciclo del agua en la planeación urbana: profundizar en el cambio de paradigma hacia un modelo de desarrollo urbano que considere el ciclo del agua como un elemento central desde la planeación urbana. Perfilar la elaboración de planes de ordenamiento territorial que prioricen la protección de las fuentes de agua, la reducción de la escorrentía superficial y la promoción de la infiltración (planeación hídrica pluvial).
- Profundizar en la integración de las Soluciones Basadas en la Naturaleza (SbN) en la planeación urbana: investigar la eficacia de diferentes SbN, como jardines de lluvia, pavimentos permeables y humedales artificiales, para la gestión del agua en diferentes contextos urbanos y climáticos.
- Desarrollar metodologías para la integración de SbN en los planes de desarrollo urbano y en el diseño de espacios públicos en las ciudades intermedias: analizar la viabilidad económica y la aceptación social de las SbN, así como su impacto en la biodiversidad urbana y la calidad de vida de los habitantes.
- Explorar el potencial de las tecnologías digitales para la gestión inteligente del agua: la implementación de un Sistema Local Inteligente de Agua (SLIA) como se propone en el modelo DUISA puede ser un desafío para las ciudades intermedias debido a la inversión inicial requerida, la necesidad de personal capacitado para su operación y el acceso a la tecnología. Es necesario investigar la capacidad tecnológica, así como las estrategias para superar las barreras existentes. Investigar la innovación tecnológica en el uso de sensores, big data, gemelos digitales y sistemas de información geográfica para la optimización del uso del agua, la detección de fugas, la predicción de inundaciones y la gestión de la demanda de agua en tiempo real. La actualización de los sistemas permite *conocer para actuar*; ya que no se puede mejorar lo que no se mide. Es necesario saber cuánto llueve, donde llueve, cuanto se infiltra, cuanto escurre, cuanta agua y de que calidad hay en los acuíferos y cuanto se extrae. Desarrollar plataformas digitales para la participación ciudadana en la gestión del agua, la monitorización del consumo de agua a nivel individual y la promoción de la cultura del agua.

- Identificación y control de las zonas de recarga de acuíferos (zonas de infiltración) y de las zonas de inundación: revisar y analizar las concesiones en las regiones hidrológico-administrativas que abusan del manto freático para buscar revertir ese proceso a través de cambios estructurales en el manejo de las cuencas con base en la integración del ciclo hidrológico. Reconocimiento y aumento de zonas aptas para permitir la infiltración del recurso; y reconocimiento y vigilancia de zonas inundables para posible designación de usos de suelo no urbanizables que mitiguen los riesgos; generando anticipación y por lo tanto resiliencia a las ciudades.
- Analizar el papel de la gobernanza del agua en la implementación del modelo DUISA: investigar los mecanismos de gobernanza más efectivos para la gestión del agua en las ciudades, incluyendo la participación de diferentes actores, la coordinación interinstitucional y la creación de marcos normativos y políticas públicas. Las organizaciones de la sociedad civil pueden jugar un papel crucial en la promoción del modelo DUISA en ciudades intermedias, actuando como mediadoras entre la ciudadanía y el gobierno, así como en la implementación de proyectos de gestión del agua. Es importante investigar las capacidades y el alcance de estas organizaciones, así como las estrategias para fortalecer su participación en la gestión del agua.
- Investigar las particularidades de la gestión del agua en ciudades intermedias: Las ciudades intermedias, a diferencia de las grandes urbes, presentan dinámicas de crecimiento, recursos financieros, capacidades institucionales y problemáticas hídricas específicas. Es fundamental comprender estas particularidades para adaptar el modelo DUISA a estos contextos. Lo que es una ventaja clara de la ciudad intermedia es la escala como una oportunidad para impulsar el modelo DUISA; y en general, un desarrollo urbano más sostenible al permitir una gestión más eficiente del agua y una mayor participación ciudadana.
- Investigar los mecanismos de financiamiento para proyectos de gestión del agua en ciudades intermedias: La implementación del modelo DUISA requiere una inversión significativa en infraestructura, tecnología y programas sociales. Se necesita una investigación que explore las diferentes fuentes de financiamiento disponibles para ciudades, incluyendo fondos públicos, inversión privada, cooperación internacional

y mecanismos de financiamiento climático. Considerar los Fondos de Agua como una opción eficiente.

- Evaluar el impacto de la descentralización en la gestión del agua y la creación de sistemas de gestión del agua a nivel local: analizar la viabilidad de la creación de un cargo específico para la gestión del agua en el ámbito municipal, como el Gerente Inteligente de Recursos Hídricos (GUIRH) propuesto. Resulta crucial desarrollar instrumentos a nivel local para una gestión más efectiva del agua en los contextos urbanos específicos. El ámbito local es lo más cercano a la vida cotidiana del ciudadano, por lo que; si el ciudadano se entera participa y toma mejores decisiones con respecto a su cotidianidad.
- Evaluar la escalabilidad y replicabilidad del modelo DUISA en diferentes contextos urbanos: adaptar el modelo DUISA a las condiciones específicas de diferentes ciudades, considerando su tamaño, densidad poblacional, clima, disponibilidad de recursos hídricos y marcos normativos. Generar estrategias progresivas que permitan un accionar a largo plazo en pequeños avances. A nivel colectivo de inicio (tecnología social) y después a nivel individual (digitalización).
- Desarrollar indicadores para la evaluación del desempeño del modelo DUISA en la eficiencia del manejo del recurso hídrico, la mejora de la calidad del agua, la mitigación del riesgo de inundaciones, el aumento de la infiltración, la reducción de escorrentía y la promoción de la sostenibilidad urbana. Estos indicadores deben ser cuantificables, medibles y relevantes para el contexto local.
- Profundizar en la relación entre la gestión del agua y otros aspectos del desarrollo urbano: investigar la relación entre la gestión del agua y la movilidad urbana sostenible, la producción de alimentos en las ciudades, la gestión de residuos y la creación de espacios públicos verdes y resilientes, entre otros. Desarrollar estrategias para la integración de la gestión del agua en diferentes sectores del desarrollo urbano, como la vivienda, el transporte, la industria y el turismo.

Si bien la consideración del agua en la planeación urbana e hídrica de México ha evolucionado aún presenta importantes limitaciones. El modelo DIUSA ofrece un marco

conceptual innovador para la gestión del agua en las ciudades. Su desarrollo e implementación abren un campo de estudio amplio y relevante para el urbanismo del Siglo XXI desde una visión social.

Lograr un Desarrollo Urbano Inteligente Sensible al Agua en México requiere un cambio profundo en el enfoque del agua con respecto a la planeación urbana; un enfoque preventivo, sistémico y complejo de pensamiento y acción basado en la coordinación institucional, la participación ciudadana, la inversión en tecnología y la superación de los obstáculos políticos y económicos que han impedido un manejo inteligente del recurso. Es necesario avanzar hacia un modelo de desarrollo urbano que integre la gestión del agua como un eje fundamental, que promueva la participación ciudadana, que fomente la innovación y que garantice la disponibilidad de este recurso vital para las generaciones presentes y futuras (prevención y resiliencia).

De no revertirse la dinámica actual en el futuro la disponibilidad del recurso vital será aún más baja, siendo que no solo se agota el agua para nuestra especie humana, sino que se impactan los ecosistemas. Es indispensable revisar el contenido ético del manejo del recurso hídrico y replantear el modelo de integración desde una perspectiva de mantenimiento más no de aprovechamiento.

III. Referencias

- Academia Lab. (2 de Diciembre de 2023). Obtenido de <https://academia-lab.com/enciclopedia/hermeneutica-de-la-sospecha/>
- Aguilar Rivero, M. (1998). *Confrontación. Crítica y hermenéutica. Gadamer, Ricoeur, Habermas*. Ciudad de México: Facultad de Filosofía y Letras UNAM, FONTARAMA.
- AI, O. (02 de Diciembre de 2023). *ChatGPT de OpenAI* . Obtenido de <https://chat.openai.com/c/a5f26d1e-6c08-4f5d-8c19-357089c9ff2a>
- AI, O. (02 de Diciembre de 2023). *ChatGPT de OpenAI* . Obtenido de <https://chat.openai.com/c/74693098-061f-4548-9b1e-7653bfc583e0>
- Ali, F., Latif, T., Sondang, I., Suyanti, E., & Zubair, A. (2018). Initiative Urban water studies at Depok, Peri-Urban City-Toward the implementation of Water Sensitive City concept. *International journal of GEOMATE*, 115-120.
- Almandoz, A. (2008). Despegues sin madurez. Urbanización, industrialización y desarrollo en Latinoamérica del SXX. *EURE*, 61-76.
- Álvarez de la Torre, G. (2011). Estructura y temporalidad urbana de las ciudades intermedias en México. *Frontera Norte*, 23(46), 91-123.
- Aparicio Mijares, F. J. (1992). *Fundamentos de hidrología de superficie* . México D.F.: Limusa.
- Arce Ruiz, R. M., & Neus Baucells, A. (2017). Análisis del concepto Smart City y la visión de los expertos en las ciudades inteligentes españolas. *Universidad Politécnica de Madrid*, 1-6.
- Arias Flores, M. (1998). *Atlacomulco, monografía municipal*. Toluca: Instituto Mexiquense de Cultura, Asociación Mexiquense de Cronistas Municipales, A.C.
- Ascher, F. (2004). *Los nuevos principios del urbanismo*. Madrid: Alianza Editorial.
- Ascher, F. (2007). *Los nuevos principios del urbanismo*. Madrid: Alianza Editorial.
- Ayuntamiento Constitucional de Atlacomulco 2022-2024. (2022). *Plan de Desarrollo Municipal Atlacomulco*. Atlacomulco de Fabeela : Ayuntamiento Constitucional de Atlacomulco 2022-2024.
- Ayuntamiento Constitucional de Atlacomulco, 2.-2. (2022). *Plan de Desarrollo Municipal*. Atlacomulco de Fabela: H. Ayuntamiento Constitucional de Atlacomulco.
- Barkin, D. (. (2006). *La gestión del agua urbana en México: retos, debates y bienestar*. México: Universidad de Guadalajara.
- Bellet Santfeliu, C., & Llop, J. M. (2004). Miradas a otros espacios urbanos: las ciudades intermedias. *Scripta Nova: revista electrónica de geografía y ciencias sociales*, 8(1), 1-26.
- Bermejo Martín, G. (2021). *Más allá de las Water Smart Cities: ¿hacia un nuevo modelo de contrato hidrosocial?* Madrid: Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales.
- Boisier, S. (2007). *Imágenes en el espejo: Aportes a la discusión sobre crecimiento y desarrollo territorial*. Universidad Autónoma del Estado de México.
- Borja, J. (2003). Ciudad y planificación. La urbanística para las ciudades de América Latina. En R. Jordán, & D. (. Simioni, *La ciudad inclusiva* (págs. 81-104). Santiago de Chile: CEPAL.
- Campos Aranda, D. F. (1992). *Procesos del ciclo hidrológico*. San Luis Potosí: Universidad Autónoma de San Luis Potosí.
- Ceballos Ceballos, B. A. (2021). Ciudades inteligentes, una visión holística al desarrollo sostenible. *Asociación Mexicana de Ciencias para el Desarrollo Regional A.C*, 1-16.
- CEPAL. (2002). *Las nuevas funciones urbanas: gestión para la ciudad sostenible*. Santiago de Chile: Naciones Unidas.
- Comisión Nacional del Agua, m. (2011). *Estadísticas del agua en México*. Comisión Nacional del Agua.
- CONAGUA. (2024). *Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero Ixtlahuaca-Atlacomulco (1502), Estado de México*. Ciudad de México: Subdirección General Técnica. Gerencia de Aguas subterráneas.

- Congreso de la unión. (2016). *Ley General de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano*. Diario Oficial de la Federación.
- Coordinación Nacional de Protección Civil. (2022). *Programa Nacional de Protección Civil 2022-2024*. Gobierno de México.
- Corral Castañeda, A. (2006). *Atlacomulco. Historia de su Gobierno Municipal. Ayuntamientos de 1824 a 2006*. Atlacomulco, México: H. Ayuntamiento de Atlacomulco 2003-2006.
- Corral Castañeda, A. (2021). *Atlacomulco. Historia de sus servicios públicos*. Atlacomulco de Fabela: H. Ayuntamiento de Atlacomulco 2019-2022.
- Coruña, U. d. (2018). *Universidade da Coruña*. Obtenido de http://caminos.udc.es/info/asignaturas/grado_itop/415/pdfs/Capitulo%206.pdf
- Cuervo González, L. M. (2017). *Ciudad y territorio en América Latina. Bases para una teoría multicéntrica, heterodoxa y pluralista*. Santiago, Chile: Naciones Unidas.
- Custodio Gimena, E., & Ramon Llamas, M. (1976). *Hidrología subterránea*. Barcelona: Omega.
- del Moral Ituarte, L. (2019). Reseña: Agua y espacio habitado. Propuestas para la construcción de ciudades sensibles al agua. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 1-4.
- Delgado Jiménez, A. (2015). Del derecho a la ciudad al reto de la ciudad sostenible e inteligente: la ciudad sostenible al servicio del derecho a la ciudad y la ciudad inteligente al servicio de la ciudad sostenible. *Revista de Derecho Urbanístico*, 107-134.
- Díaz de León, G. S. (2008). Planeación urbana. *Esencia y espacio*, 61-65.
- Domínguez, J. (. (2013). *Agua y territorio*. Morelos: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.
- Espiella, R. d., & Restrepo, C. G. (2020). Teoría fundamentada. *Revista colombiana de psiquiatría*, 127-133.
- Fiori, M., & Rivera-Fumaz, R. (2014). Smart Cities. Realidades y utopías de un nuevo imaginario urbano. *Revista de Estudios Urbanos y Ciencias Sociales*, 9-12.
- Fryd, O., Backhaus, A., Birch, H., Fratini, C., Ingvertsen, S., Jeppesen, J., & Jensen, M. (2013). Water sensitive urbana design retrofits in Copenhagen -40% to the sewer, 60% to the city. *Water science & technology*, 1945-1952.
- Gadamer, H.-G. (1960). *Truth and Method*. Nueva York: Continuum.
- GEASIG Especialistas en SIG y Medio Ambiente. (2024). Superposición ponderada en análisis multicriterio con ArcGis. Madrid, España.
- Gleason, A. (15 de Octubre de 2024). Propuestas tecnológicas sustentables del agua bajo una visión circular: el caso del área Metropolitana de Guadalajara. Guadalajara, Jalisco, México.
- Gluckman, L. (2017). *Water sensitive urban design as a transformative approach to urban water management in Cape Town: A case study of the proposer river club development*. Cape Town: University of Cape Towm.
- Gobierno de la Republica. (2013-2018). *Programa de accion especifico prevencion y control de dengue*. Mexico DF: programa sectorial de salud.
- Gobierno de México. (2020). *Programa Nacional Hídrico 2020-2024*. Ciudad de México: Comisión Nacional del Agua.
- Gobierno del Estado de México. (1987). *Plan del centro de población estratégico de Atlacomulco*. Toluca de Lerdo: Gobierno del Estado de México.
- Gobierno del Estado de México. (2004). *Plan municipal de desarrollo urbano de Atlacomulco*. Toluca de Lerdo: Gobierno del Estado de México.
- Gobierno del Estado de México. (2008). *Modificación del Plan municipal de desarrollo urbano de Atlacomulco, Estado de México*. Toluca de Lerdo: Gobierno del Estado de México.
- Gobierno del Estado de México. (2009). *Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Atlacomulco, Estado de México*. Toluca de Lerdo: Gobierno del Estado de México.
- Gobierno del Estado de México. (2018). *Programa Regional II Atlacomulco 2017-2023*. Toluca de Lerdo: Gobierno del Estado de México.
- Gobierno del Estado de México. (2020). *Reglamento del libro V del Código Administrativo del Estado de México*. Toluca de Lerdo: Gobierno del Estado de México.

- Gobierno del Estado de México. (2024). *Plan de Desarrollo del Estado de México 2023-2029*.
- Gutiérrez, C. J. (2018). *Planeación urbana: crítica y tendencias emergentes desde el campo de la teoría. La experiencia planificadora en el Estado de México*. México: Colección Miradas del Centauro.
- Guzmán Garibay, M. d., & Pérez Mendoza, S. (2011). *Las ciudades medias en el proceso de globalización y el desarrollo local, 1990-2010*. AMECIDER.
- Guzmán Puente, M. A. (2017). Jagüeyes, patrimonio morelense para la sustentabilidad. *Inventio*, 29-37.
- H. Ayuntamiento de Atlacomulco, Estado de México. (2011). *Modificación del Plan Municipal de Desarrollo Urbano de Atlacomulco, Estado de México*.
- Hernández Sampieri, R. (2014). *Metodología de la investigación*. Ciudad de México: Mc Graw Hill
- Ibáñez, J. J. (5 de Julio de 2006). *Madrid Blogs*. Obtenido de <https://www.madrimasd.org/blogs/universo/2006/07/05/33887#:~:text=Suelo%20arenoso%3A%20130%20litros%20por,litros%20son%20de%20agua%20disponible>.
- Instituto Mexicano para la competitividad, A. (2023). *Aguas en México ¿Escasez o mala gestión?* IMCO.
- Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, I. (2019). *Atlas Nacional de Vulnerabilidad al Cambio Climático*. México: Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático.
- Jiménez Cisneros, B., Torregrosa y Armentia, M. L., & Aboites Aguilar, L. (. (2010). *El agua en México: cauces y encauces*. México: Academia Mexicana de ciencias / CONAGUA.
- Jorda, R., & Simioni, D. (1998). *Ciudades intermedias de América Latina y el Caribe: propuesta para la gestión urbana*. Italia: CEPAL.
- Lara García, Á. (2016). *Metodología para la gestión eointegradora y participativa del ciclo del agua en el espacio habitado. Aplicación al caso del Barrio de las Huertas (Sevilla)*. Sevilla: Universidad de Sevilla.
- Libro blanco. *Smart Cities*. (2012). Madrid: Enerlis, Ernst and Young, Ferrovial and Madrid Network.
- Luna, Q. S. (2011). *Identificación y análisis de las variantes genéticas del virus del dengue y su asociación en la dinámica de su transmisión*. Monterrey: Universidad Autónoma de Nuevo León Facultad de Medicina.
- Madariaga, I. S. (2008). *Esquinas inteligentes. La ciudad y el urbanismo moderno*. Madrid: Alianza Editorial S.A.
- Madrigal García, L. A., & Miranda Rosales, V. (2018). Planteamiento teórico-metodológico del análisis comparativo de la micro-región Lerma Estado de México, bajo la perspectiva de las Ciudades Inteligentes sustentables (CIS). (U. N. A.C, Ed.) *AMECIDER*, 613-639.
- Maier, C. S. (1992). La historia comparada. *Studia Histórica-historia contemporánea*, 11-32.
- Marnet, R., & Jorg, M. (2012). *Los fundamentos de la planificación del desarrollo en América Latina y el Caribe. Textos seleccionados del ILPES (1962-1972)*. Santiago de Chile: Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).
- Medina Zapata, L. A. (2022). Gestión inteligente del agua: cuidados y beneficios del recurso hídrico. *Cultura*, 113-127.
- Molina Prieto, L. F., & Villegas Rodríguez, E. (2015). Ciudades sensibles al agua: paradigma contemporáneo para gestionar aguas urbanas. *Dialnet*, 53-64.
- Munilla Giménez, V. (11 de mayo de 2023). *Geoenciclopedia*. Obtenido de <https://www.geoenciclopedia.com/edafologia-definicion-caracteristicas-e-importancia-647.html>
- Nava, E. N. (2015). *Evaluación de riesgo ambiental para la liberación de poblaciones Aedes aegypti genéticamente modificados portadores de un sistema fsRIDL en el contexto del sureste mexicano*. Ciudad de México: UNAM.
- Navarrete-Peñuela, M. (2017). Desarrollo urbano sustentable: el gran desafío para América Latina y los preparativos para Hábitat III. *Luna Azul*, 123-149. Obtenido de

- <https://www.redalyc.org/org/journal/3217/321753629008/html/>
- Ocampo, D. A. (2012). *Epidemiología de la Fiebre por Dengue en Xalapa Veracruz del año 2008 al 2011*. Xalapa Veracruz: Universidad Veracruzana .
- OpenAI. (02 de Diciembre de 2023). *ChatGPT de OpenAI* . Obtenido de <https://chat.openai.com/c/bf42170f-030e-4d45-bffe-26c497e00ee2>
- Organizacion Panamericana de la Salud . (2019). *Actualizacion Epidemiologica Dengue* . Americas: Organizacion Mundial de la Salud.
- Organizacion Panamericana de la Salud. (2015). *Dengue Guías para la atención de enfermos en la región de las americas*. Organizacion Mundial de la Salud.
- Palacios Rodríguez, O. A. (2021). La teoría fundamentada: origen, supuestos y perspectivas. *Intersticios sociales*, 47-70.
- Pérez, G. L. (2010). Dengue, un problema social reemergente en América Latina. Estrategia para su erradicación. *Biotecnología aplicada* , 130-136.
- Perló, M., & Loreta, C.-R. M. (2018). *La crisis del agua y la metrópoli. Alternativas para la Zona Metropolitana del Valle de México*. Siglo XXI Editores.
- Prieto Rodríguez, M., & March Cerdáb, J. (2002). Paso a paso en el diseño de un estudio mediante. *Atención primaria*, 366-373.
- Procuraduría Ambiental y del Ordenamiento Territorial. (2000). Obtenido de https://paot.org.mx/centro/ine-semarnat/informe02/estadisticas_2000/informe_2000/img/cap3.pdf
- Prudencio, M. R. (2020). Los siete pecados capitalistas. *Revista de la Universidad de México*, 52-57.
- Ramírez Morales, S., & Vega de Kuyper, J. C. (2017). *Agua. Fuentes, caracterización, tecnología y gestión sustentable*. Ciudad de México: Alfaomega.
- Ramírez, M. V. (s.f.). Obtenido de Simulación de procesos: <https://groodch14.wixsite.com/literature-blog-1/single-post/2014/01/01/review-the-traitor-s-daughter-by-angela-griffin>
- Rosas Ferrusca, F. J., Rogel Fajardo, I., & Colín Plata, K. C. (2016). Planeación metropolitana, políticas públicas y gobernanza territorial: Orígenes y fundamentos conceptuales en México. *Gestión y análisis de políticas públicas*.
- Rosen, C. (2020). El agua que no vemos. *Revista de la Universidad de México*, 66-71.
- Rózga Luter, R. (2008). Un aporte a la discusión sobre los criterios de considerar a algunas ciudades latinoamericanas como “Ciudades Inteligentes”; Unos ejemplos de condiciones mexicanas de implementación del concepto. En AMECIDER, *Problemática regional en México: hacia una agenda para el desarrollo*. Asociación Mexicana de Ciencias para el desarrollo Regional, A. C.
- Rózga Luter, R. E. (2018). Modelos de ciudad inteligente (Smart city) y estrategias de su implementación. *Asociación Mexicana de Ciencias para el Desarrollo Regional A.C*, 20-38.
- San Martín Cantero, D. (2014). Teoría fundamentada y Atlas.ti: recursos metodológicos para la investigación educativa. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 104-122.
- Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas. (1981). *Manual para la elaboración de planes de desarrollo urbano de centros de población*. Ciudad de México: Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas.
- Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano (SEDATU). (2023). *NOM-003-SEDATU-2023: Fortalecimiento del sistema territorial ante amenazas de origen natural y de cambio climático*. Diario Oficial de la Federación.
- Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano (SEDATU). (2024). *NOM-005-SEDATU-2024: Contenidos generales para planes o programas municipales de ordenamiento territorial y/o desarrollo urbano*. Diario Oficial de la Federación.
- Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano. (2017). *Guía metodológica. Elaboración y actualización de programas municipales de desarrollo urbano*. Ciudad de México: LPFRG Urban Lab S.A. de C.V.
- Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano. (2022). *Lineamientos para la elaboración de*

- programas municipales de ordenamiento territorial y desarrollo urbano*. Ciudad de México: Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano.
- Secretaría de Finanzas. (2024). *Dictamen que establece la división que regirá la planeación de desarrollo a nivel regional*. Estado de México: Gaceta del Gobierno del Estado de México.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2010). Obtenido de http://gisviewer.semarnat.gob.mx/geointegrador/enlace/atlas2010/atlas_suelos.pdf
- SEDATU. (2013). *Atlas de riesgos naturales del municipio de Atlacomulco 2013*.
- Seguín Tovar, N. (2020). Ríos al aire. *Revista de la Universidad de México*, 9-15.
- Significado de Orografía*. (2023). Obtenido de <https://www.significados.com/orografia/>
- Sikora - Fernández, D. (2017). Factores de desarrollo de las ciudades inteligentes. *Revista Universitaria de Geografía*, 135-152.
- Sikora-Fernández, D. (2017). Factores de desarrollo de las ciudades inteligentes. *Revista Universitaria de Geografía, Universidad Nacional del Sur*, 135-152.
- Silva Rodríguez de San Miguel, J. A. (2019). Diseño urbano sensible al agua. Retos y oportunidades. *Ciencias*, 7-80.
- Silveira Donaduzzi, D. S., Colomé Beck, C. L., Heck Weiller, T., Nunes da Silva Fernandes, M., & Viero, V. (2015). Grupo focal y análisis de contenido en investigación cualitativa. *Index Enferm*, 71-75.
- Sistema Intermunicipal de los Servicios de Agua Potable y Alcantarillado*. (Febrero de 2014). Obtenido de https://www.siapa.gob.mx/sites/default/files/capitulo_5._infiltracion_pluvial.pdf
- Sosa, E., Mené, S., & Salinas, S. (2018). Universidad de Morón. *Rev. Fac. Agronomía y Cs. Agroalimentarias UM*, 91-101.
- Torres, A., Galarza-Molina, S., & Molina-Prieto, L. F. (2019). Bogotá, una ciudad sensible al agua: elementos de reflexión*. (P. U. Javeriana, Ed.) *Cuadernos de Vivienda y Urbanismo*, 12(23), 179-201.
- Torres-Galicia, I., Cortès-Poza, D., & Becker, I. (2014). Dengue en México: incremento en la población juvenil durante la última década. *Boletín Médico del Hospital Infantil de México*, 196-201.
- Unikel, L. (1978). *El desarrollo urbano de México. Diagnóstico e implicaciones futuras*. Ciudad de México: El Colegio de México.
- Valdes, L. S. (2006). *Proceso y resultados de la prevención comunitaria del dengue*. La Habana Cuba : Instituto de medicina tropical "Pedro Kouri".
- Valicelli, L., & Pecsí, R. (2002). *Las nuevas funciones urbanas: gestión para la ciudad sostenible*. Naciones Unidas.
- Villegas Hernández, P. O. (11 de Noviembre de 2023). Uso integral de Atlas.ti. (S. C. Martínez, Entrevistador)
- Wong, T., & Brown, R. (2009). The ater sensitive city: principles for practice. *Water Science and Tecchnology*, 673-682.

IV. Anexos

a) Instrumentos de trabajo de campo (grupo focal y entrevistas semi estructuradas)



Proyecto:
DESARROLLO URBANO INTELIGENTE SENSIBLE AL AGUA. EL CASO DE ATLACOMULCO DE FABELA, MÉXICO

Anexo 1. Guía de preguntas para Grupo focal
(ciudadanía)

TEMAS INTRODUCTORIOS: Ciclo del agua (precipitación, escorrentía, infiltración), Agua pluvial, Planeación urbana, Desarrollo urbano, Ciudad inteligente

- Presentación de participantes
 - A. Nombre y formación académica
 - B. Domicilio actual
- Paradigma del agua en la ciudad
 - C. ¿Cuál considera que es la situación actual del recurso del agua en el municipio de Atlacomulco?
 - D. ¿Considera que el agua de lluvia tiene alguna importancia y uso para el municipio de Atlacomulco?
- Ciclo del agua (precipitación, escorrentía, infiltración) en la planeación y desarrollo urbano
 - E. ¿Considera que las ciudades de Atlacomulco integran el agua de lluvia para evitar riesgos de inundación y permitir la infiltración para recargar los mantos acuíferos?
 - F. ¿Qué acciones propondría llevar a cabo en las ciudades de Atlacomulco para evitar riesgos de inundación y permitir la infiltración para recargar los mantos acuíferos?
- Gestión del ciclo del agua (precipitación, escorrentía, infiltración) en la ciudad
 - G. ¿Conoce usted algún programa, proyecto o acción en relación con el uso y manejo del agua de lluvia en el municipio de Atlacomulco? ¿Participa? ¿Cuál es? Si no conoce; ¿Considera que es importante contar con alguno? ¿Qué se destine presupuesto para este? ¿Estaría dispuesto a participar?
 - H. ¿Considera usted que implementando tecnología para el uso y manejo agua de lluvia y para el desarrollo urbano en Atlacomulco de Fabela se mejorarían estos servicios favoreciendo la calidad de vida de los habitantes? ¿Estaría dispuesto a interactuar con esta tecnología?
- Cierre y dinámicas
 - I. ¿Cuál considera que es el papel del ciudadano en el uso y manejo de agua de lluvia? ¿Cómo debería ser la organización ciudadana ante el tema del agua?
 - J. ¿Qué palabras se le vienen a la mente si le menciono: “Desarrollo urbano inteligente sensible al agua”?

Proyecto:
DESARROLLO URBANO INTELIGENTE SENSIBLE AL AGUA. EL CASO DE ATLACOMULCO DE FABELA, MÉXICO

Anexo 2. Guía de preguntas para Grupo focal
(sector público)

TEMAS INTRODUCTORIOS: Ciclo del agua (precipitación, escorrentía, infiltración), Planeación y desarrollo urbanos, Ciudad inteligente

- Presentación de participantes
- A. Nombre y formación académica
- B. Posición, funciones y actividades principales

- Paradigma del agua en la ciudad
- C. ¿Cuál es el papel que tiene el recurso hídrico en Atlacomulco de Fabela, México? ¿Es solo un insumo económico, es un recurso para la vida, es algo que solo se usa, es algo que se procura/protege?
- D. ¿Cómo se considera al recurso hídrico pluvial (agua de lluvia)? ¿Cuál es su actual uso y manejo? ¿Considera que la captación de agua de lluvia podría mitigar el riesgo en las ciudades?

- Ciclo del agua (precipitación, escorrentía, infiltración) en la planeación y desarrollo urbano
- E. ¿Considera que actualmente la planeación urbana de la ciudad de Atlacomulco de Fabela toma en cuenta e integra el ciclo de agua (precipitación, escorrentía, infiltración)?
- F. Desde su posición ¿cuál opina es el principal obstáculo para aprovechar el recurso hídrico pluvial? (capacitación del personal, recurso económico, participación ciudadana, periodos administrativos, cultura del agua, modelo político)
- G. ¿Qué acciones propondría llevar a cabo para integrar el ciclo del agua (precipitación, escorrentía, infiltración) en la ciudad de Atlacomulco de Fabela? ¿Cuál de ellas considera sería primordial?

- Gestión del ciclo del agua (precipitación, escorrentía, infiltración) en la ciudad
- H. ¿Se cuenta con presupuesto y/o algún programa, proyecto o acción en relación con el uso y manejo del recurso hídrico pluvial (su escorrentía y filtración) en Atlacomulco de Fabela? Si no se tiene; ¿Considera que es importante contar con alguno?
- I. Considera que hay posibilidad en el municipio para diseñar/proponer e implementar política pública orientada al manejo del recurso hídrico pluvial ¿Qué bases/elementos importantes podría contener esa política? (uso de tecnología, participación ciudadana, visión de prevención de riesgos, coordinación intersectorial (academia, sector público, sector privado, organizaciones de la sociedad civil, ciudadanía))
- J. ¿Considera que la implementación de algún tipo de tecnología mejoraría el uso y manejo del recurso hídrico pluvial en Atlacomulco de Fabela? ¿Hoye en día utiliza algún tipo de tecnología asociada al uso y manejo del recurso hídrico pluvial y al desarrollo urbano? Si no se tiene; ¿Considera importante integrar alguna? ¿cuál propondría?

- Cierre y dinámicas
- K. ¿Cuál es el panorama que visualiza a futuro para la ciudad de Atlacomulco de Fabela con respecto al uso y manejo del recurso hídrico pluvial?
- L. ¿Qué palabras se le vienen a la mente si le menciono: “Desarrollo urbano inteligente sensible al agua”?

Proyecto:
DESARROLLO URBANO INTELIGENTE SENSIBLE AL AGUA. EL CASO DE ATLACOMULCO DE FABELA, MÉXICO

Anexo 3. Guía de preguntas para Entrevista semi estructurada
(sector público)
ODAPAS

- Preguntas generales

- A. ¿Cuál es su nombre y formación académica?
- B. ¿Cuál es su posición en el organismo y cuáles son sus funciones o actividades?

- Tarjetas particulares de información

- C. ¿Cómo se lleva a cabo la administración del recurso agua en el municipio de Atlacomulco?
- D. ¿Solo existe el organismo operador? ¿Existen organismos autónomos o comités de agua?
- E. ¿Cómo es la red hidráulica actual?
- F. ¿Qué tipo de tecnología se usa hoy para el uso y manejo de agua en el municipio de Atlacomulco?
- G. ¿Cuál es la importancia de la cultura del agua y como se fomenta desde el organismo?
- H. ¿Se combinan las aguas pluviales con el drenaje general o existe una red pluvial aislada?
- I. ¿Se tiene algún programa o proyecto local en materia de agua; particularmente de agua pluvial?
- J. ¿Se tienen identificadas las áreas de infiltración y escurrimiento de agua pluvial en el municipio de Atlacomulco?

- Preguntas complejas

- K. ¿Cuál considera que es hoy y cual debería de ser el papel del agua en la ciudad?
- L. ¿Qué criterios piensa que son importantes a considerar en las ciudades para que se reduzca el riesgo de inundación y se favorezca la infiltración del agua pluvial?
- M. ¿Qué criterios consideraría necesarios para que una ciudad sea inteligente con respecto a su agua?

- Preguntas sensibles

- N. Desde su perspectiva; ¿Cuáles serían las acciones primordiales para que las ciudades integren el ciclo del agua (precipitación, escorrentía, infiltración) en su desarrollo?
- O. ¿Considera que el uso de la tecnología contribuiría a mejorar el uso y manejo del agua en la ciudad? ¿Porqué? ¿Qué tipo de tecnología (tradicional, social, alta automatización) considera sería necesaria?

- Preguntas de cierre

- P. Desde su perspectiva ¿Cuál es el panorama a futuro de las ciudades con respecto al agua?
- Q. Para finalizar ¿Hay algo más que quiera comentar o aportar?

Proyecto:

DESARROLLO URBANO INTELIGENTE SENSIBLE AL AGUA. EL CASO DE ATLACOMULCO DE FABELA, MÉXICO

Anexo 4. Guía de preguntas para Entrevista semi estructurada
(sector público)
DESARROLLO URBANO

- Preguntas generales

- A. ¿Cuál es su nombre y formación académica?
- B. ¿Cuál es su posición en el departamento y cuáles son sus funciones o actividades?

- Tarjetas particulares de información

- C. ¿Considera a la planeación urbana una herramienta eficaz en el desarrollo urbano?
- D. ¿Qué mejoras propondría a los instrumentos que hoy se utilizan para planear la ciudad?
- E. Para usted ¿Cómo sería una planeación urbana eficiente?
- F. Para usted ¿Cómo sería un Plan Municipal de Desarrollo Urbano eficiente?
- G. ¿Cuándo se realizó la última actualización del plan municipal de desarrollo urbano de Atlacomulco y cuál fue el instrumento o guía con el que se hizo?
- H. En el Plan Municipal de Desarrollo Urbano actual ¿se integran proyectos o acciones referentes al uso y manejo del agua pluvial?
- I. Al momento de planear el desarrollo urbano del municipio de Atlacomulco ¿Se consideran las áreas de infiltración y escurrimiento de agua pluvial como criterios para la toma de decisiones?

- Preguntas complejas

- J. ¿Cuál considera que es hoy y cual debería de ser el papel del agua en la ciudad?
- K. ¿Considera que actualmente la ciudad incorpora el ciclo de agua (precipitación, escorrentía, infiltración) en su planeación urbana?
- L. ¿Considera que sería necesario que las ciudades incorporen el ciclo del agua (precipitación, escorrentía, infiltración) en su planeación urbana para que se reduzca el riesgo de inundación y se favorezca la infiltración del agua pluvial?

- Preguntas sensibles

- M. Desde su perspectiva; ¿Cuáles serían las acciones primordiales para que las ciudades integren el ciclo del agua (precipitación, escorrentía, infiltración) en su desarrollo?
- N. ¿Qué es lo que considera debería cambiar en la planeación urbana para que se integre el ciclo del agua (precipitación, escorrentía, infiltración) en su desarrollo?

- Preguntas de cierre

- O. Desde su perspectiva ¿Cuál es el panorama a futuro de las ciudades con respecto al agua?
- P. Para finalizar ¿Hay algo más que quiera comentar o aportar?

Proyecto:
DESARROLLO URBANO INTELIGENTE SENSIBLE AL AGUA. EL CASO DE ATLACOMULCO DE FABELA, MÉXICO

Anexo 5. Guía de preguntas para Entrevista semi estructurada
(sector público)
OBRAS PÚBLICAS

- Preguntas generales
 - A. ¿Cuál es su nombre y formación académica?
 - B. ¿Cuál es su posición en el departamento y cuáles son sus funciones o actividades?

- Tarjetas particulares de información
 - C. ¿Cuál es tipo de pavimento que se usa actualmente en la ciudad? ¿Por qué se usa ese?
 - D. ¿El material, forma, pendiente y dirección de las calles en la ciudad considera el escurrimiento e infiltración del agua pluvial?
 - E. Desde su experiencia ¿Qué tipo de pavimentos ayudarían a reducir la escorrentía y favorecer la infiltración del agua pluvial?

- Preguntas complejas
 - F. ¿Cuál considera que es hoy y cual debería de ser el papel del agua en la ciudad?
 - G. ¿Qué criterios piensa que son importantes a considerar en las ciudades para que se reduzca el riesgo de inundación y se favorezca la infiltración del agua pluvial?
 - H. ¿Considera que actualmente la ciudad incorpora el ciclo de agua (precipitación, escorrentía, infiltración) en su planeación urbana?
 - I. ¿Considera que sería necesario que las ciudades incorporen el ciclo del agua (precipitación, escorrentía, infiltración) en su planeación urbana para que se reduzca el riesgo de inundación y se favorezca la infiltración del agua pluvial?

- Preguntas sensibles
 - J. Desde su perspectiva; ¿Cuáles serían las acciones primordiales para que las ciudades integren el ciclo del agua (precipitación, escorrentía, infiltración) en su desarrollo?
 - K. ¿Qué es lo que considera debería cambiar en la planeación urbana para que se integre el ciclo del agua (precipitación, escorrentía, infiltración) en su desarrollo?

- Preguntas de cierre
 - L. Desde su perspectiva ¿Cuál es el panorama a futuro de las ciudades con respecto al agua?
 - M. Para finalizar ¿Hay algo más que quiera comentar o aportar?

Proyecto:
DESARROLLO URBANO INTELIGENTE SENSIBLE AL AGUA. EL CASO DE ATLACOMULCO DE FABELA, MÉXICO

Anexo 6. Guía de preguntas para Entrevista semi estructurada
(sector público)
PROTECCIÓN CIVIL

- Preguntas generales
 - A. ¿Cuál es su nombre y formación académica?
 - B. ¿Cuál es su posición en el departamento y cuáles son sus funciones o actividades?
- Tarjetas particulares de información
 - C. ¿Existen los atlas de riesgo y atlas de inundaciones en el municipio de Atlacomulco de Fabela, México? ¿Están actualizados?
 - D. ¿Conoce el concepto de Gestión integral de riesgos (proceso coordinado entre varias instituciones para reducir, prevenir, responder y apoyar la rehabilitación y recuperación frente a eventuales emergencias y desastres) (CENAPRED) ¿Se considera este perfil como marco de actuación en Atlacomulco de Fabela, México?
 - E. ¿Las acciones Protección Civil se ejecutan desde la perspectiva de resiliencia o desde la prevención?
 - F. ¿Cuáles son los trabajos de mantenimiento que se realizan en Atlacomulco de Fabela al comenzar o antes de comenzar las épocas de lluvia?
 - G. ¿Se tienen identificados los puntos críticos de riesgo particularmente de inundación, en Atlacomulco de Fabela, México?
 - H. ¿Se tienen identificadas las áreas de infiltración y escurrimiento de agua pluvial en el municipio de Atlacomulco?
 - I. ¿Cuáles son las afectaciones provocadas por inundaciones en Atlacomulco de Fabela, México?
- Preguntas sensibles
 - J. ¿Cuál considera que es hoy y cual debería de ser el papel del agua en la ciudad?
 - K. ¿Qué criterios piensa que son importantes a considerar en las ciudades para que se reduzca el riesgo de inundación y se favorezca la infiltración del agua pluvial?
 - L. ¿Considera que actualmente la ciudad incorpora el ciclo de agua (precipitación, escorrentía, infiltración) en su planeación urbana?
 - M. ¿Considera que sería necesario que las ciudades incorporen el ciclo del agua (precipitación, escorrentía, infiltración) en su planeación urbana para que se reduzca el riesgo de inundación y se favorezca la infiltración del agua pluvial?
 - N. ¿Considera que las ciudades hoy usan la tecnología con relación al agua a su favor para la mejora de la calidad de vida de sus habitantes?
 - O. ¿Qué criterios consideraría necesarios para que una ciudad sea inteligente con respecto a su agua?
- Preguntas de cierre
 - P. Desde su perspectiva ¿Cuál es el panorama a futuro de las ciudades con respecto al agua?
 - Q. Para finalizar ¿Hay algo más que quiera comentar o aportar?

Proyecto:

DESARROLLO URBANO INTELIGENTE SENSIBLE AL AGUA. EL CASO DE ATLACOMULCO DE FABELA, MÉXICO

Anexo 7. Guía de preguntas para Entrevista semi estructurada
(sector privado, organizaciones de la sociedad civil)
ORGANIZACIONES DE LA SOCIEDAD CIVIL: AMSCALL
SECTOR PRIVADO: SOLUCIONES HIDROPLUVIALES, ISLA URBANA

- Preguntas generales

- A. ¿Cuál es su nombre y formación académica?
- B. ¿Qué actividades y/o servicios llevan a cabo en la empresa que representa?

- Preguntas complejas

- C. ¿Cuál considera que es hoy y cual debería de ser el papel del agua en la ciudad?
- D. ¿Qué criterios piensa que son importantes a considerar en las ciudades para que se reduzca el riesgo de inundación y se favorezca la infiltración del agua pluvial?
- E. ¿Considera que actualmente la ciudad incorpora el ciclo de agua (precipitación, escorrentía, infiltración) en su planeación urbana?
- F. ¿Considera que sería necesario que las ciudades incorporen el ciclo del agua (precipitación, escorrentía, infiltración) en su planeación urbana para que se reduzca el riesgo de inundación y se favorezca la infiltración del agua pluvial?
- G. ¿Considera que las ciudades hoy usan la tecnología con relación al agua a su favor para la mejora de la calidad de vida de sus habitantes?
- H. ¿Qué criterios consideraría necesarios para que una ciudad sea inteligente con respecto a su agua?

- Preguntas sensibles

- I. Desde su perspectiva; ¿Cuáles serían las acciones primordiales para que las ciudades integren el ciclo del agua (precipitación, escorrentía, infiltración) en su desarrollo?
- J. ¿Qué es lo que considera debería cambiar en la planeación urbana para que se integre el ciclo del agua (precipitación, escorrentía, infiltración) en su desarrollo?
- K. ¿Considera que el uso de la tecnología contribuiría a mejorar el uso y manejo del agua en la ciudad? ¿Porqué? ¿Qué tipo de tecnología (tradicional, social, alta automatización) considera sería necesaria?
- L. ¿Cuál considera que es el papel del ciudadano en cuanto al uso y manejo del agua en la ciudad? ¿Cómo debería ser la organización ciudadana?
- M. ¿Cuál considera que es el papel de las instituciones gubernamentales en cuanto al uso y manejo del agua en la ciudad?
- N. ¿Cuál considera que es el papel de la academia en cuanto al uso y manejo del agua en la ciudad?
- O. ¿Cuál considera que es el papel de la iniciativa privada en cuanto al uso y manejo del agua en la ciudad?
- P. Retomando los cuatro actores mencionados en las preguntas previas; ciudadano, gobierno, academia e iniciativa privada, ¿Cómo los ordenaría jerárquicamente con relación a su importancia con respecto al manejo y uso de agua en la ciudad?

- Preguntas de cierre

- Q. Desde su perspectiva ¿Cuál es el panorama a futuro de las ciudades con respecto al agua?
- R. Para finalizar ¿Hay algo más que quiera comentar o aportar?

Proyecto:

DESARROLLO URBANO INTELIGENTE SENSIBLE AL AGUA. EL CASO DE ATLACOMULCO DE FABELA, MÉXICO

Anexo 8. Guía de preguntas para Entrevista semi estructurada
(academia)
PLANEACIÓN URBANA

- Preguntas generales

- A. ¿Cuál es su nombre y formación académica?
- B. ¿Qué líneas de investigación y/o temáticas desarrolla?

- Tarjetas particulares de información

- C. ¿Considera a la planeación urbana una herramienta eficaz en el desarrollo urbano?
- D. ¿Qué mejoras propondría a los instrumentos que hoy se utilizan para planear la ciudad?
- E. Para usted ¿Cómo sería una planeación urbana eficiente?
- F. Para usted ¿Cómo sería un Plan Municipal de Desarrollo Urbano eficiente?

- Preguntas complejas

- G. ¿Considera que actualmente la ciudad incorpora el ciclo de agua (precipitación, escorrentía, infiltración) en su planeación urbana?
- H. ¿Considera que sería necesario que las ciudades incorporen el ciclo del agua (precipitación, escorrentía, infiltración) en su planeación urbana para que se reduzca el riesgo de inundación y se favorezca la infiltración del agua pluvial?

- Preguntas sensibles

- I. ¿Qué es lo que considera debería cambiar en la planeación urbana para que integre el ciclo del agua (precipitación, escorrentía, infiltración) en su desarrollo?
- J. ¿Cuál considera que es el papel del ciudadano en la planeación de la ciudad? ¿Cómo debería ser la organización ciudadana?
- K. ¿Cuál considera que es el papel de las instituciones gubernamentales en la planeación de la ciudad?
- L. ¿Cuál considera que es el papel de la academia en la planeación de la ciudad?
- M. ¿Cuál considera que es el papel de la iniciativa privada en la planeación de la ciudad?
- N. Retomando los cuatro actores mencionados en las preguntas previas; ciudadano, gobierno, academia e iniciativa privada, ¿Cómo los ordenaría jerárquicamente con relación a su importancia con respecto a la planeación de la ciudad?

- Preguntas de cierre

- O. Desde su perspectiva ¿Cuál es el panorama a futuro de las ciudades con respecto su planeación?
- P. Para finalizar ¿Hay algo más que quiera comentar o aportar?

Proyecto:
DESARROLLO URBANO INTELIGENTE SENSIBLE AL AGUA. EL CASO DE ATLACOMULCO DE FABELA, MÉXICO

Anexo 9. Guía de preguntas para Entrevista semi estructurada
(academia)
CIUDAD INTELIGENTE

- Preguntas generales

- A. ¿Cuál es su nombre y formación académica?
- B. ¿Qué líneas de investigación y/o temáticas desarrolla?

- Tarjetas particulares de información

- C. ¿Cómo define a la ciudad inteligente en el Siglo XXI?
- D. ¿Cuál considera que es el fundamento de la ciudad inteligente?
- E. ¿Cómo se hace a una ciudad inteligente? ¿Por dónde se empieza? ¿Cuál sería el camino por seguir para que las ciudades en México se desarrollen bajo este paradigma?
- F. ¿Cree que la tecnología es una herramienta eficiente para la mejora de la calidad de vida del ciudadano? ¿Considera que hoy en día es usada para ese fin?

- Preguntas complejas

- G. ¿Considera que las ciudades hoy usan la tecnología con relación al agua a su favor para la mejora de la calidad de vida de sus habitantes?
- H. ¿Qué criterios consideraría necesarios para que una ciudad sea inteligente con respecto a su agua?

- Preguntas sensibles

- I. ¿Considera que el uso de la tecnología contribuiría a mejorar el uso y manejo del agua en la ciudad? ¿Porqué? ¿Qué tipo de tecnología (tradicional, social, alta automatización) considera sería necesaria?
- J. ¿Cuál considera que es el papel del ciudadano en la ciudad inteligente?
- K. ¿Cuál considera que es el papel de las instituciones gubernamentales en la ciudad inteligente?
- L. ¿Cuál considera que es el papel de la academia en la ciudad inteligente?
- M. ¿Cuál considera que es el papel de la iniciativa privada en la ciudad inteligente?
- N. Retomando los cuatro actores mencionados en las preguntas previas; ciudadano, gobierno, academia e iniciativa privada, ¿Cómo los ordenaría jerárquicamente con relación a su participación en la ciudad inteligente?

- Preguntas de cierre

- O. Desde su perspectiva ¿Cuál es el panorama a futuro de las ciudades inteligentes?
- P. Para finalizar ¿Hay algo más que quiera comentar o aportar?

Proyecto:
DESARROLLO URBANO INTELIGENTE SENSIBLE AL AGUA. EL CASO DE ATLACOMULCO DE FABELA, MÉXICO

Anexo 10. Guía de preguntas para Entrevista semi estructurada
(academia)
AGUA

- Preguntas generales
 - A. ¿Cuál es su nombre y formación académica?
 - B. ¿Qué líneas de investigación y/o temáticas desarrolla?
- Tarjetas particulares de información
 - C. ¿Cómo define la Gestión Integral de Recursos Hídricos (GIRH)-Integrated water resources management (IWRM)?
¿Cuál es su importancia en el manejo y uso del recurso agua en el Siglo XXI?
 - D. ¿Cuál considera que es la fase del ciclo hidrológico que impacta en mayor medida dentro de las ciudades?
 - E. ¿Cuál considera que es la fase del ciclo hidrológico que se ve impactada en mayor medida dentro de las ciudades?
- Preguntas complejas
 - F. ¿Cuál considera que es hoy y cual debería de ser el papel del agua en la ciudad?
 - G. ¿Qué criterios o características piensa que son importantes a considerar en las ciudades para que se reduzca el riesgo de inundación y se favorezca la infiltración del agua pluvial? (suelo: tipo, textura y cobertura vegetal, o pavimentos)
 - H. ¿Considera que las ciudades hoy usan la tecnología con relación al agua a su favor para la mejora de la calidad de vida de sus habitantes?
- Preguntas sensibles
 - I. Desde su perspectiva; ¿Cuáles serían las acciones primordiales para que las ciudades integren el ciclo del agua (precipitación, escorrentía, infiltración) en su desarrollo?
 - J. ¿Considera que el uso de la tecnología contribuiría a mejorar el uso y manejo del agua en la ciudad? ¿Porqué?
¿Qué tipo de tecnología (tradicional, social, alta automatización) considera sería necesaria?
 - K. ¿Cuál considera que es el papel del ciudadano en cuanto al uso y manejo del agua en la ciudad?
 - L. ¿Cuál considera que es el papel de las instituciones gubernamentales en cuanto al uso y manejo del agua en la ciudad?
 - M. ¿Cuál considera que es el papel de la academia en cuanto al uso y manejo del agua en la ciudad?
 - N. ¿Cuál considera que es el papel de la iniciativa privada en cuanto al uso y manejo del agua en la ciudad?
 - O. Retomando los cuatro actores mencionados en las preguntas previas; ciudadano, gobierno, academia e iniciativa privada, ¿Cómo los ordenaría jerárquicamente con relación a su importancia con respecto al manejo y uso de agua en la ciudad?
- Preguntas de cierre
 - P. Desde su perspectiva ¿Cuál es el panorama a futuro de las ciudades con respecto al agua?
 - Q. Para finalizar ¿Hay algo más que quiera comentar o aportar?



Proyecto:
DESARROLLO URBANO INTELIGENTE SENSIBLE AL AGUA. EL CASO DE ATLACOMULCO DE FABELA, MÉXICO

Anexo 11. Formulario de consentimiento para Grupo focal

Buen día. El desarrollo de esta dinámica; llamada grupo focal, forma parte del trabajo de campo a realizar para el proyecto de investigación del Doctorado en Urbanismo en la Universidad Autónoma del Estado de México, titulado “Desarrollo Urbano Inteligente Sensible al Agua. El caso de Atlacomulco de Fabela, México” llevado a cabo por su servidora; Arq. Sandra Rodríguez. Agradezco su disponibilidad de tiempo y de antemano sus respuestas; que le pido sean en el marco del organismo/dirección en la que labora.

Para efectos del análisis de la información recabada este grupo focal será grabado; esperando no tenga inconveniente, de ser así le pido me lo haga saber. Se enfatiza que la información será usada solo con fines académicos y con total discreción. Si en algún momento de la dinámica tiene algún comentario de su desarrollo con gusto lo retomamos. Gracias.

Anexo 12. Formulario de consentimiento para Entrevista semi estructurada

Buen día. La presente entrevista forma parte del trabajo de campo a realizar para el proyecto de investigación del Doctorado en Urbanismo en la Universidad Autónoma del Estado de México, titulado “Desarrollo Urbano Inteligente Sensible al Agua. El caso de Atlacomulco de Fabela, México” llevado a cabo por su servidora; Arq. Sandra Rodríguez. Agradezco su disponibilidad de tiempo y de antemano sus respuestas; que le pido sean en el marco de la empresa, asociación o institución de la que forma parte.

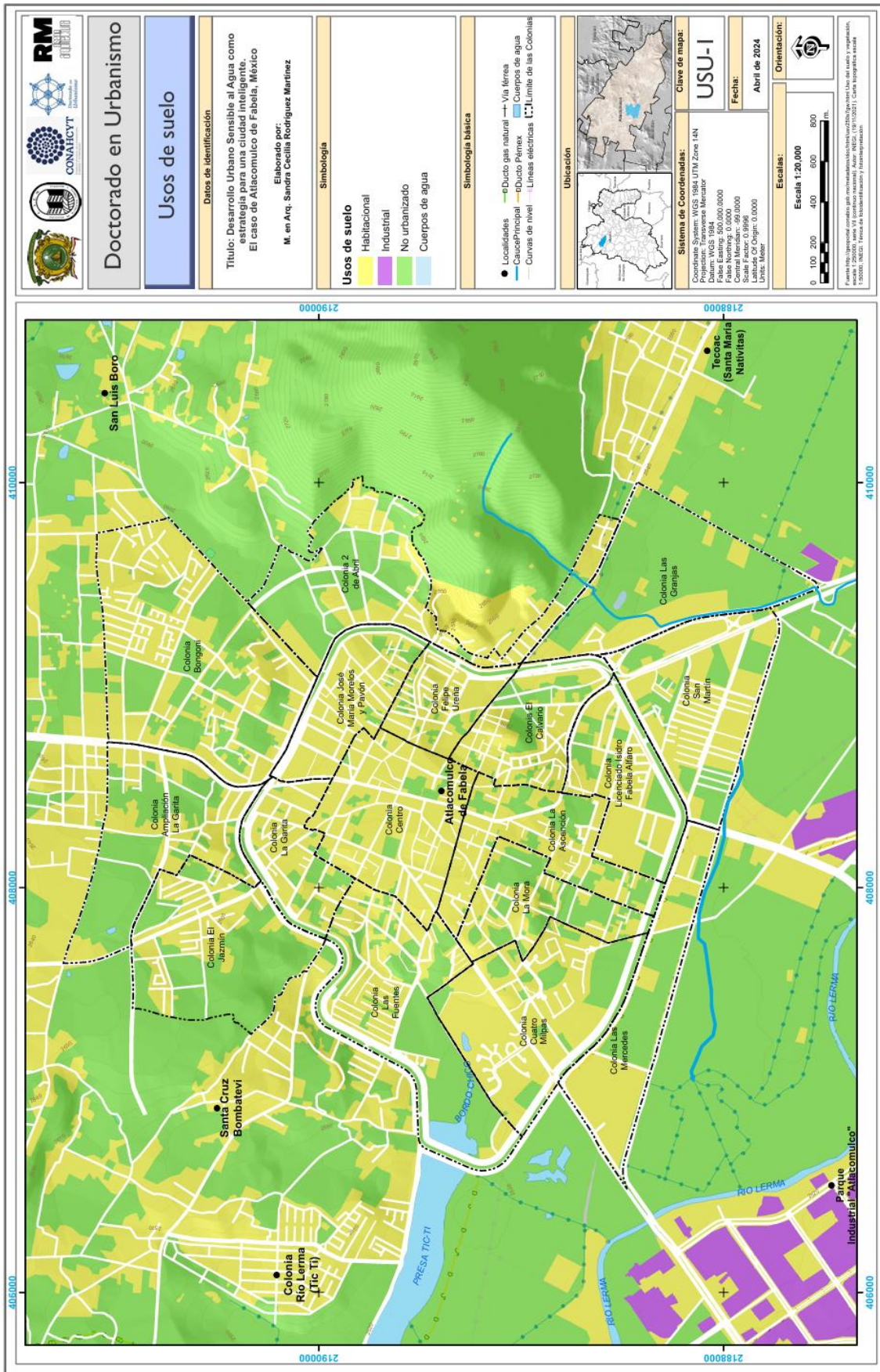
Para efectos del análisis de la información recabada esta entrevista será grabada; esperando no tenga inconveniente, de ser así le pido me lo haga saber. Se enfatiza que la información será usada solo con fines académicos y con total discreción. Si en algún momento de la entrevista tiene algún comentario de su desarrollo con gusto lo retomamos. Gracias.

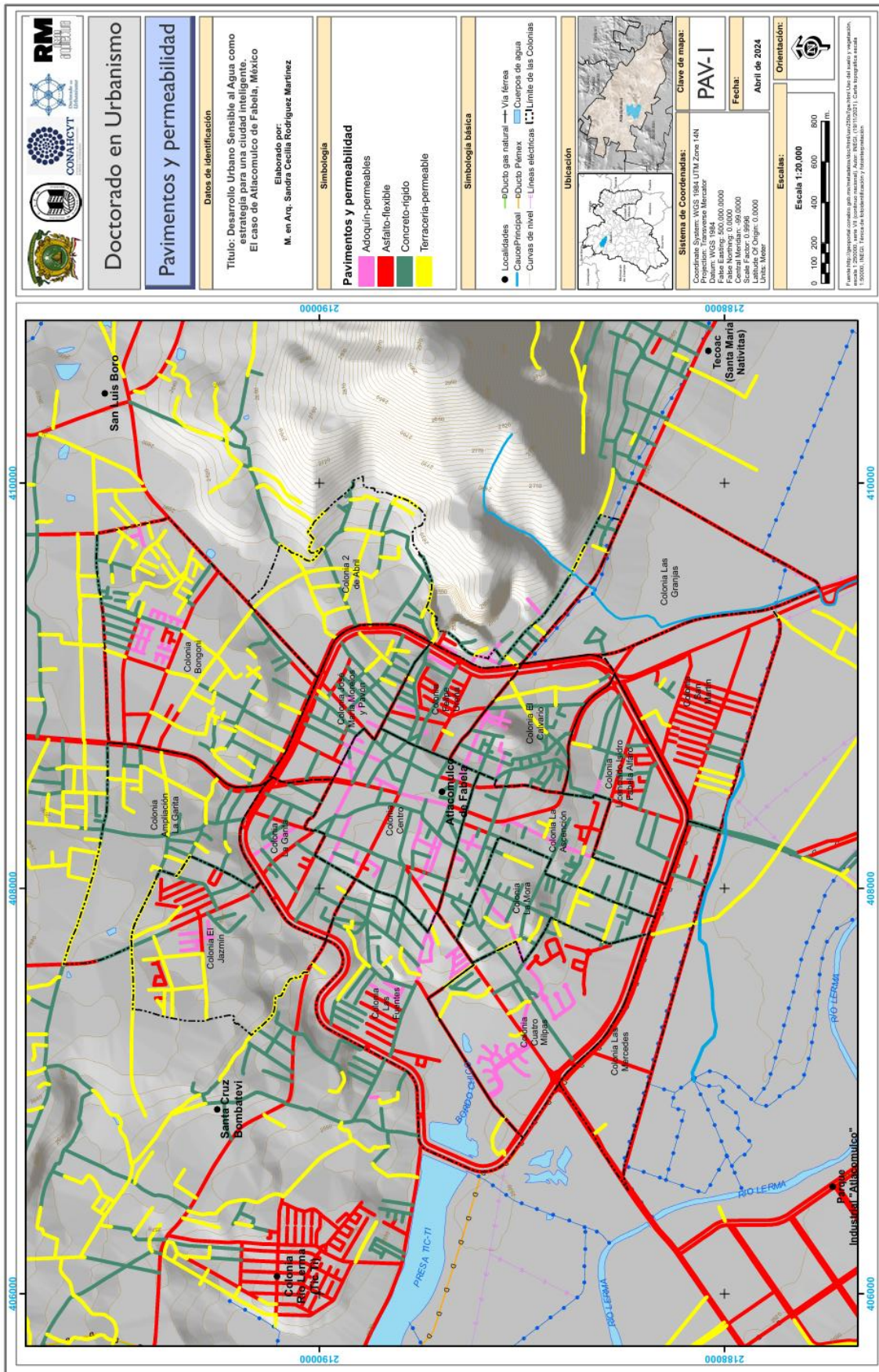
b) Operacionalización de variables

Anexo 13. Operacionalización de variables

[illegible]

c) Cartografía de la investigación





d) Producción académica



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CIUDAD JUÁREZ
PUBLICACIÓN AFILIADA A LA
RED IBEROAMERICANA DE ESTUDIOS DEL DESARROLLO

Universidad Autónoma de Ciudad Juárez
2018-2024
Mtro. Juan Ignacio Camargo Nasar
Rector
Mtro. Daniel Alberto Constante Cortez
Secretario General
Mtro. Santos Alonso Morales Muñoz
Director del Instituto de Ciencias Sociales y Administración
Mtro. Jesús Meza Vega
Director General de Comunicación Universitaria

Comité de Coordinación de la Red Iberoamericana de Estudios del Desarrollo 2018-2020
Dra. Paulina Sanhueza Martínez (Universidad de la Frontera, Chile)
Coordinadora General
Dr. Ignacio Rodríguez Rodríguez (Universidad de la Frontera, Chile)
Secretario general
Dra. Mariana Hernández (Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, México)
Vocal de Organización
Dr. Pablo Galasso Reza (Universidad de la República, Uruguay)
Vocal de Organización

Dr. Luis Enrique Gutiérrez Casas
Director y editor de Cuadernos de Trabajo
Estudios Regionales en Economía, Población y Desarrollo

Comité editorial
Sección internacional
Dra. Sofía Boza Martínez (Universidad de Chile, Chile)
Dra. Olga Boica Artimano (University of Kent, United Kingdom)
Dra. María García Almada (Universidad Autónoma de Madrid, España)
Dr. Thomas Fullerton Mankin (University of Texas at El Paso, Estados Unidos)
Dr. Adrián Rodríguez Miranda (Universidad de la República, Uruguay)
Dra. Iñaki Jekabsons (Kazuoawa University, Japan)
Dr. Pablo Galasso Reza (Universidad de la República, Uruguay)

Sección local
(Universidad Autónoma de Ciudad Juárez)
Dra. Rosalva Martínez (Universidad Autónoma de Ciudad Juárez)
Dra. Rosalva Martínez (Universidad Autónoma de Ciudad Juárez)
Dr. Raúl Alberto Ponce Rodríguez
Dr. Isaac Leobardo Sánchez Juárez
Dr. Héctor Alonso Barajas Bustillos
Dr. Juan Carlos Medina Guirado
Mtra. María Del Socorro Velázquez Vargas

Diseño de cubierta
Abigail Bautista

Economía, Población y Desarrollo.
ISSN 2007-3739
Número 81. Mayo - Junio 2024
Desarrollo urbano inteligente sensible al agua:
lineamientos para su diseño
Sandra Cecilia Rodríguez Martínez
Francisco Javier Rosas Ferrusca
Ryszard Edward Rozga Luter
Universidad Autónoma de Ciudad Juárez

Economía, Población y Desarrollo.
Año 14, No. 81 mayo - junio 2024, es una publicación bimestral editada por la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, a través del Instituto de Ciencias Sociales y Administración. Redacción: Avenida Universidad y H. Colegio Militar, Zona Chamizal s/n, C.P. 32500, Ciudad Juárez, Chihuahua, México. Teléfonos: (656) 688-38-00 ext. 3792. Correo electrónico: lgz@uacj.mx. Editor responsable: Luis Enrique Gutiérrez Casas. Reserva de derechos al uso exclusivo: edición impresa, número de reserva 04-2021-0817103700-203. Impresa por estudio digital, número de reserva 04-2021-0817103700-203. Santa Cecilia, C.P. 32500, Cd. Juárez, Chihuahua. Distribuidor: Subdirección de Gestión de Proyecto y Marketing Editorial. Ave. Plutarco Elías Calles 1210, Foriste Chamizal, C.P. 32310, Ciudad Juárez, Chihuahua. Los ensayos publicados son responsabilidad exclusiva de sus autores. Se autoriza la reproducción total o parcial bajo condición de citar la fuente.

Registrada en:
EBSCO
RePEc
UACJ
Revistas Electrónicas
DOI
DOI: <https://doi.org/10.20983/epd>

Publicación afiliada a la Red Iberoamericana de Estudios del Desarrollo

Universidad Autónoma de Ciudad Juárez
Ave Plutarco Elías Calles 1210
Foriste Chamizal, C.P. 32310
Ciudad Juárez, Chihuahua, México
www.uacj.mx

© Universidad Autónoma de Ciudad Juárez

Anexo 15. Estancia de investigación



LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE QUINTANA ROO

OTORGA LA PRESENTE

Constancia

A:

SANDRA CECILIA RODRÍGUEZ MARTÍNEZ

ESTUDIANTE DEL DOCTORADO EN URBANISMO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO, POR HABER REALIZADO UNA ESTANCIA DE INVESTIGACIÓN BAJO LA SUPERVISIÓN DEL DR. JOSÉ MANUEL CAMACHO SANABRIA, EN EL PERIODO COMPRENDIDO DEL 16 DE MAYO AL 2 DE JUNIO DE 2023.

CHETUMAL, QUINTANA ROO A 29 DE MAYO DE 2023

MTRO. HUGO JOSÉ MANRIQUE AGUILAR
DIRECTOR GENERAL DE GESTIÓN EDUCATIVA





Universidad Autónoma del Estado de México

OTORGA LA PRESENTE

CONSTANCIA

a

SANDRA CECILIA RODRÍGUEZ MARTÍNEZ

Por el trabajo titulado

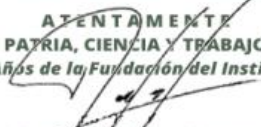
"La sustentabilidad del agua mediante la captación de agua de lluvia en un conjunto"

En el marco del III Congreso Interdisciplinario "Desafíos Ambientales para el Desarrollo Sostenible": Innovación, cultura y desarrollo sustentable.
Mesa 2. Innovación y tecnología como fuente de sustentabilidad, el Miércoles 23 de agosto de 2023, a través de la plataforma Microsoft Teams.

ATENTAMENTE

PATRIA, CIENCIA Y TRABAJO

"2023, Conmemoración de los 195 Años de la Fundación del Instituto del Estado de México"



M. en I. Raúl Vera Noguez
Secretaría de Rectoría
Director de Protección al Ambiente










Universidad Autónoma del Estado de México



Universidad Autónoma del Estado de Quintana Roo



Universidad Autónoma del Estado de México

Universidad Autónoma del Estado de México

Universidad Autónoma del Estado de Quintana Roo

Red de Estudios e Investigadores sobre el Territorio

Facultad de Planeación Urbana y Regional

División de Ciencias, Ingeniería y Tecnología

Otorgan la presente

Constancia

A

Sandra Cecilia Rodríguez Martínez

Francisco Javier Rosas Ferrusca

Por su destacada participación como Ponentes con el trabajo *Planeación urbana y gestión integral del ciclo de agua*, presentado en el 2do. Encuentro Internacional de Estudiantes-investigadores sobre el Territorio, en el marco de las actividades de la Red de Estudios e Investigadores sobre el Territorio (REIT), celebrado los días 8, 9 y 10 de noviembre del 2023, en la División de Ciencias, Ingeniería y Tecnología de la Universidad Autónoma del Estado de Quintana Roo, campus Chetumal, Quintana Roo, México



FACULTAD DE PLANEACION URBANA Y REGIONAL
DIRECCION

M. en E.U. y R. Isidro Rogel Fajardo
Director

Facultad de Planeación Urbana y Regional
Universidad Autónoma del Estado de México



Dr. Victor Manuel Sanchez Huerta
Director

División de Ciencias, Ingeniería y Tecnología
Universidad Autónoma del Estado de Quintana Roo

Chetumal, Quintana Roo, México, a 10 de noviembre del 2023



LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE QUINTANA ROO

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE QUINTANA ROO
OTORGA LA PRESENTE

Constancia

CON NÚMERO DE FOLIO: SEVZS-P- 4847

A:

SANDRA CECILIA RODRÍGUEZ MARTÍNEZ

POR IMPARTIR LA PONENCIA "HACIA UN DESARROLLO URBANO INTELIGENTE SENSIBLE AL AGUA MEDIANTE UNA PLANEACIÓN URBANA HÍDRICA PLUVIAL", EN EL MARCO DE LA ACTIVIDAD DE EXTENSIÓN Y VINCULACIÓN ACADÉMICA DENOMINADA II SEMINARIO INTERNACIONAL "ESTADO DEL ARTE DEL CONOCIMIENTO TEÓRICO-PRÁCTICO CONTEMPORÁNEO SOBRE RESILIENCIA COMUNITARIA: EXPERIENCIAS Y BUENAS PRÁCTICAS", LLEVADA A CABO DE MANERA HÍBRIDA EN LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE QUINTANA ROO, EL 24 DE NOVIEMBRE DE 2023.

CHETUMAL, QUINTANA ROO, MÉXICO, NOVIEMBRE DE 2023.

DR. VÍCTOR MANUEL SÁNCHEZ HUERTA
DIRECTOR DE LA DIVISIÓN DE
CIENCIAS, INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA

DR. JOSÉ LUIS ESPARZA AGUILAR
SECRETARÍA DE EXTENSIÓN Y VINCULACIÓN
COORDINACIÓN UNIDAD ACADÉMICA ZONA SUR

DR. PABLO VÍCTOR CERÓN RAMÍREZ
SECRETARIO TÉCNICO DE INVESTIGACIÓN Y EXTENSIÓN
DIVISIÓN DE CIENCIAS, INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA

**GOBIERNO DEL
ESTADO DE
MÉXICO**

**ESTADO DE
MÉXICO**
¡el poder de servir!

EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN, CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN

RECTORÍA

El Gobierno del Estado de México, a través de la Secretaría de Educación, Ciencia, Tecnología e Innovación y la Universidad Intercultural del Estado de México, otorga la presente

CONSTANCIA

a:

Sandra Cecilia Rodríguez Martínez

Por su destacada participación como ponente con el tema "Lineamientos para un modelo de Desarrollo Urbano Inteligente Sensible al Agua", en el marco del 1er. Congreso del Agua "La crisis del agua y sus efectos si no actuamos", realizada en la Universidad Intercultural del Estado de México; los días 03 y 04 de septiembre de 2024.

RECTORÍA
Mtro. Antón Celote Preciado
Rector de la Universidad Intercultural
del Estado de México

San Felipe del Progreso, Estado de México, 04 de septiembre de 2024

228C26010000000/1369/24