

BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

Facultad de Arquitectura

Doctorado en Procesos Territoriales:

Región, Ciudad, Arquitectura y Patrimonio



Tesis para obtener el grado de doctora en procesos territoriales

**“Los impactos de los Procesos Urbano-Territoriales y de Gestión en la Cuenca del
Alto Atoyac”**

Presenta:

Mtra. María Judith Altieri Ramírez

Matrícula: 212571368 CVU86548

Directora de Tesis

Dra. Lilia Varinia Catalina López Vargas

Id 100187855 CVU 322024

Codirectora

Dra. Virginia Cabrera Becerra

Id 100007077 CVU 13848

Asesoras

Dra. María Lourdes Guevara Romero

Id 100521886 CVU 336949

Dra. Delia del Consuelo Domínguez Cuanalo

Id 100079444 CVU 395776

Asesora externa

Dra. María de Lourdes Hernández Rodríguez

CVU 201647

Octubre, 2019

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la Dra. Lilia Varinia López Vargas, por dirigir esta investigación, por compartir conmigo sus conocimientos y guiarme en este proyecto.

Agradezco a la Dra. Delia Del Consuelo Domínguez Cuanalo, por sus valiosos comentarios y recomendaciones en el campo de la gestión a lo largo de la investigación.

Así mismo a la Dra. María de Lourdes Guevara Romero, por el tiempo dedicado para leer este documento y asesorarme respecto a la geomática durante el proceso de investigación.

Agradezco también a la Dra. Virginia Becerra Cabrera quien me acompañó y asesoró en las primeras etapas de la investigación para la elaboración del diseño y metodología de la misma.

Y en especial, a la Dra. María Lourdes Hernández Rodríguez, quien funge como asesora externa experta en la gestión del agua quien me hizo recomendaciones muy valiosas de la Cuenca del Alto Atoyac.

Agradezco a cada una de las instituciones de la Administración Pública y de la sociedad civil, como CONAGUA delegación Puebla, a los organismos operadores de agua, a la Maestra Lourdes Ochoa de la Asamblea Social del Agua y a la Asociación Dale la Cara al Atoyac.

A mis compañeros del doctorado, quienes a lo largo del mismo enriquecieron mi proyecto con sus aportaciones. Así mismo a mis amigos y colegas que igualmente se tomaron el tiempo para leer mi tesis y brindarme sugerencias para mejorarla.

SIGLAS

CAA: Cuenca del Alto Atoyac.

USGS-U.S.: Geological Survey.

SSAOT: Secretaría de Sustentabilidad Ambiental y Ordenamiento Territorial.

INEGI: Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

SIATL: Simulador de Flujos de Agua de Cuencas Hidrográficas.

SUN: Sistema Urbano Nacional.

ZMPT: Zona Metropolitana Puebla-Tlaxcala.

ZMTA: Zona Metropolitana Tlaxcala-Apizaco.

CONAPO: Consejo Nacional de Población.

GIRH: Gestión Integrada de Recursos Hídricos.

CONAGUA: Comisión Nacional del Agua.

OCDE: Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos.

IMTA: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.

CNDH: Comisión Nacional de los Derechos Humanos.

CMMAD: Comisión Mundial sobre Medio Ambiente.

ONU: Organización de las Naciones Unidas.

GEI: Gases de Efecto Invernadero.

UNESCO: Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura.

ODM: Objetivos de Desarrollo del Milenio.

SEGOB: Secretaría de Gobernación.

PROFEPA: Procuraduría Federal de Protección al Ambiente.

COFEPRIS: Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios.

RH: Región hidrológica.

SEMARNAT: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

BM: Banco Mundial.

WB: World Bank.

PNUD: Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo.

CEMDA: Centro Mexicano de Derecho Ambiental.

CMA: Consejo Mundial del Agua.

OSC: Organizaciones de Sociedad Civil.

FMI: Fondo Monetario Internacional.

BID: Banco Interamericano de Desarrollo.

GWP: Global Water Partnership.

ANEAS: Asociación Nacional de Empresas de Agua y Saneamiento de México.

DBO: Demanda Bioquímica de Oxígeno.

DQO: Demanda Química de Oxígeno.

SST: Sólidos Sedimentados Totales.

CONABIO: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.

SEDATU: Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano.

SEDESOL: Secretaría de Desarrollo Social.

CIAMA: Conferencia Internacional sobre el Agua y el Medio Ambiente.

CNA: Comisión Nacional Agraria.

SAGARPA: Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación.

CROM: Confederación Regional Obrera Mexicana.

STPS: Secretaría del Trabajo y Previsión Social.

SEP: Secretaría de Educación Pública.

ENA: Escuela Nacional de Agricultura.

BM: Banco de México.

COLMEX: El Colegio de México.

TCMA: Tasa De Crecimiento Media Anual.

CONANP: Consejo Nacional de Áreas Protegidas.

NOM: Normas Oficiales Mexicanas.

CCME: Colegio de Medicina Estética.

NJEDP: Departamento de Protección Ambiental de New Jersey.

FIQ: Facultad de Ingeniería Química.

BUAP: Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.

LMP: Límites Máximos Permitidos.

SAAM: Sustancias Activas al Azul de Metileno.

SRH: Secretaría de Recursos Hidráulicos.

PTAR: Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.

SDT: Sólidos Disueltos Totales.

SS: Sólidos Sedimentables.
DBO: Demanda Bioquímica de Oxígeno.
DQO: Demanda Química de Oxígeno.
Ntotal: Nitrógeno Total.
Norg: Nitrógeno Orgánico.
Ptotal: Fósforo Total.
Porg: Fósforo Orgánico.
UNECE: Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa.
CONAMA: Comisión Nacional de Medio Ambiente.
SE: Secretaría de Economía.
TOC: Carbono Total Orgánico
DANE: Departamento Administrativo Nacional de Estadística.
CEQG: Canadian Environmental Quality Guidelines
ATSDR: Agency for Toxic Substances and Disease Registry.
PVC: Cloruro de Polivinilo
OD: Oxígeno Disuelto
DR: Desarrollo Regenerativo.
PNH: Programa Nacional Hídrico
CNI: Comisión Nacional de Irrigación
LAPN: Ley de Aguas de Propiedad Nacional
FSTE: Fundación de Sindicatos de Trabajadores al Servicio del Estado
PNDU: Plan Nacional de Desarrollo Urbano
SARH: Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos
CONAFOR: Comisión Nacional Forestal

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS.....	<i>i</i>
SIGLAS	<i>ii</i>
ÍNDICE DE TABLAS	viii
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	x
Introducción	12
Objetivos.....	16
Objetivos específicos	16
CAPÍTULO 1	19
La Cuenca del Alto Atoyac, un territorio complejo.....	19
Introducción	19
<i>1.1 El hilo conductor epistemológico: la visión de los sistemas complejos y la necesidad de traspasar los límites disciplinarios</i>	<i>20</i>
<i>1.1.1 Representación del sistema</i>	<i>23</i>
<i>1. 2. Desarrollo sustentable.....</i>	<i>30</i>
<i>1.2.1. Desarrollo sustentable, definición operativa</i>	<i>33</i>
<i>1. 2. 2. Desarrollo regenerativo</i>	<i>36</i>
<i>1. 3. Gobernanza-gestión hídrica.....</i>	<i>39</i>
<i>1. 3. 1. Gobernanza del agua</i>	<i>40</i>
<i>1. 3. 2. La gestión hídrica.....</i>	<i>46</i>
<i>1. 3. 3. Los principios rectores de la gestión hídrica</i>	<i>48</i>
<i>1. 3. 4. Gestión integral de los recursos hídricos (GIRH)</i>	<i>49</i>
<i>1.3. 5. Manejo por cuenca.....</i>	<i>52</i>
<i>1. 3. 6. Cuenca hidrológica</i>	<i>52</i>
<i>Conclusiones capitulares</i>	<i>56</i>
CAPÍTULO 2	58

Generación del problema: deterioro de la Cuenca del Alto Atoyac	58
<i>Introducción</i>	58
<i>2.1. Semblanza histórica del agua en la Cuenca del Alto Atoyac y su región hidrológica</i>	58
<i>2.2. Transformación territorial</i>	63
<i>2.2.1. Período posrevolucionario: control del agua por el Estado mexicano</i>	63
<i>2.2.2. Modernización de las ciudades: Puebla y Tlaxcala en la década de 1960</i>	73
<i>2.2.3. Expansión urbana</i>	74
<i>2.2.4. El deterioro urbano-territorial</i>	86
<i>2.3. El deterioro ambiental</i>	90
<i>2. 4. Balance hídrico, disponibilidad de agua superficial y subterránea</i>	129
<i>Conclusiones capitulares</i>	136
CAPÍTULO 3	139
Gestión hídrico-territorial: Política pública y marco normativo	139
<i>Introducción</i>	139
<i>3.1 De la época Colonial hasta finales del siglo XIX</i>	139
<i>3.2 Siglo XX</i>	143
<i>3.2.1 La Gestión Hídrica expresada desde los planes y programas del gobierno mexicano y las acciones aisladas en la CAA: 1934-1970</i>	151
<i>3.2.2 Planificación del desarrollo nacional 1970-1992</i>	153
<i>3.2.2.1 Sexenio 1970-1976</i>	153
<i>3.2.2.2 Sexenio 1976-1982</i>	154
<i>3.2.2.3 Sexenio de 1982 a 1988</i>	156
<i>3.2.3.4 La planeación de 1988 a 1999</i>	157
<i>3.3 Marco normativo actual</i>	159
<i>3.3.1 Ley de Aguas Nacionales</i>	160
<i>3.3.2 Planeación Nacional</i>	161
<i>3.3.2.1 Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018</i>	162
<i>3.3.2.2 Programa Nacional Hídrico 2014-2018</i>	162

3.3.2.3 Programa Hídrico Regional Visión, 2030: Región Hidrológico-Administrativa IV-Balsas	164
3.3.3 Otras leyes sectoriales y de la administración pública relacionadas.....	164
CAPÍTULO 4	169
Reflexiones Finales y Recomendaciones.....	169
Introducción.....	169
4.1 Reflexiones sobre el sistema hidrológico:	170
El factor suelo.....	172
El agua: Superficial y subterránea en la CAA.....	173
El factor clima en la CAA.....	177
4.2 Reflexiones sobre el sistema urbano-territorial	180
El sistema metropolitano y la expansión de los centros urbanos en la CAA.....	180
Los Usos Consuntivos en la CAA 2002-2017	181
Contaminación del Río Atoyac	183
4.3 Reflexiones sobre el sistema de gestión hídrica en la CAA (2000-2018)	184
El marco institucional de la CAA	184
Política hídrica en la CAA.....	186
Organizaciones sociales	188
Recomendaciones.....	193
4.4 Propuesta de un Modelo de Gestión.....	195
4.4.1 Áreas de atención por actor involucrado.....	198
4.4.2 La Estrategia.....	200
4.5 Líneas de investigación derivadas	203
Conclusiones	203
LISTA DE REFERENCIAS	206

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Crecimiento zonas urbanas en la CAA 1982-2010	77
Tabla 2 Crecimiento poblacional zona conurbada, 1970-2010: número de habitantes	80
Tabla 3 Crecimiento poblacional de la zona conurbada, 1970-2010: tasa de crecimiento	81
Tabla 4 Tasas de crecimiento media anual de la población por municipio de la ZMPT.....	86
Tabla 5 Calidad del agua en pozos de abastecimiento en la ciudad de Puebla, 1991	96
Tabla 6 Concentración de contaminantes en el embalse Valsequillo 1977-1996	97
Tabla 7 Comparación de aportaciones de contaminantes vertidos en la presa Valsequillo, provenientes del río Atoyac 1979-2006.....	98
Tabla 8 Resultados de los análisis de descargas que afectan al río Atoyac y Alseseca	101
Tabla 9 Parámetros, métodos y referencias utilizados	102
Tabla 10 Calidad del Agua de los ríos Atoyac y Alseseca, presa Valsequillo	104
Tabla 11 Indicadores que impactan la calidad del agua	107
Tabla 12 Carga de contaminantes, límites de descarga, capacidad de asimilación y dilución: río Atoyac, Xochiac y sus afluentes.....	110
Tabla 13 Parámetros, cantidad mayor de veces que se sobrepasa la capacidad de asimilación del río Atoyac y sus afluentes.	116
Tabla 14 Toxicidad, semáforo y resumen de contaminantes que sobrepasan los LMP.	118
Tabla 15 Calidad del agua en los embalses Valsequillo y Atlangatepec.....	126
Tabla 16 Aprovechamientos por usos del agua subterránea en el Acuífero Alto Atoyac, 2002-2017	130

Tabla 17 Aprovechamientos por usos del agua subterránea en el acuífero Valle de Puebla, 1992-2015	132
Tabla 18 Disponibilidad de agua subterránea, acuífero Valle de Puebla y Alto Atoyac 2002-2015	135
Tabla 19 Cuadro sinóptico del marco legal.....	166
Tabla 20 Áreas estatales de la CAA.....	172
Tabla 21 Actores de la CAA.....	186

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Sistema espacial anidado, los procesos interdefinibles y su impacto en el territorio..	24
Ilustración 2 Procesos deteriorantes en la Cuenca del Alto Atoyac.	25
Ilustración 3 Integración de los elementos de cada subsistema y sus interrelaciones	28
Ilustración 4 Ciclo hidrológico	50
Ilustración 5 Esquematización de una cuenca	53
Ilustración 6 Impacto del ser humano	55
Ilustración 7 Las ciudades prehispánicas del Señorío de Tlaxcala durante el virreinato	59
Ilustración 8 Ruta de Cortés y el área de la CA: los señoríos prehispánicos	61
Ilustración 9 Transformación del sistema hídrico de la planicie Puebla-Tlaxcala hasta 1970	68
Ilustración 10 Profundidad de nivel freático y dirección de flujos de agua de la planicie Puebla-Tlaxcala hasta 1972-1973	69
Ilustración 11 Ubicación de la subcuenca de San Martín Texmelucan en la CAA	72
Ilustración 12 Crecimiento de localidades urbanas en la CAA, 1982-2010	76
Ilustración 13 Zona Conurbada Puebla-Tlaxcala	79
Ilustración 14 Zonas metropolitanas en la CAA	83
Ilustración 15 Crecimiento poblacional en las zonas metropolitanas Puebla-Tlaxcala y Apizaco-Tlaxcala en el período 1990-2015	84
Ilustración 16 Permanencias, uso de suelo y vegetación. 1980-1993 vs 1993-2005 en la ZMPT ...	85
Ilustración 17 Parques y corredores industriales en la CAA	89

Ilustración 18 Disponibilidad de agua subterránea, acuífero Valle de Puebla y Alto Atoyac 2002-2015	135
Ilustración 19 Región hidrológica administrativa del Balsas: ubicación y subdivisión de la CAA.....	171
72	
Ilustración 20 Delimitación de la CAA y suscuíferos.....	177
Ilustración 21 Tabla y mapa de los climas en la CAA	179
Ilustración 22 Usos consuntivos del recurso hídrico en la CAA.....	182
Ilustración 23 La gestión del agua en la CAA	191
Ilustración 24 El modelo de gestión para la CAA.....	197
Ilustración 25 Estrategias.....	200

Introducción

Esta investigación se desarrolló en el ámbito del Doctorado en Procesos Territoriales de la Facultad de Arquitectura de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla; en ella se analizan los conflictos socio-ambientales¹ que han producido un fuerte desequilibrio hídrico² en la Cuenca del Alto Atoyac (CAA)³ y que derivan de la transformación urbano-territorial y de la manera en que se gestiona el recurso hídrico en la región.

El agua es un recurso indispensable para la vida y las actividades humanas. Aproximadamente el setenta por ciento de la superficie del planeta está cubierto por agua, sin embargo, su disponibilidad física en una región depende de su localización geográfica, del clima, de la vegetación y de las características geológicas. Para mantener la dinámica natural de un territorio hidrológico se requiere conocer y tener presente el ciclo hidrológico; el U.S. Geological Survey (USGS) identifica quince componentes: 1) agua almacenada en los océanos, 2) evaporación, 3) agua en la atmósfera, 4) condensación, 5) precipitación, 6) agua almacenada en el hielo o en la nieve, 7) agua de deshielo, 8) escorrentía superficial, 10) corriente de agua y agua dulce almacenada, 11) infiltración, 12) descarga de agua subterránea, manantiales, 13) transpiración, 14) agua subterránea almacenada y 15) distribución global del agua (Agua.org.mx, 2017). Sin embargo, sin importar su calidad o pureza el agua es regresada al ciclo hidrológico.

El agua ha sido esencial para el desarrollo de la civilización; algunos de los centros urbanos más importantes surgieron y se desarrollaron en zonas cercanas a ríos, lagos o costas, pero la magnitud del crecimiento socioeconómico y demográfico de muchos de ellos y la escasa previsión

¹ Conflictos son las acciones que generan tensiones entre dos o más involucrados. Los conflictos por el agua tienen su origen en la lucha por el recurso, muchas veces generados por la política pública ambiental (Hernández, 2011).

² El balance hidrológico de aguas subterráneas del sistema de acuíferos Puebla-Tlaxcala muestra una salida del sistema de 1410 Mm³ por evapotranspiración, extracción de 1200 pozos y flujos subterráneos y salidas a ríos, y entradas de sólo 1398 Mm³ por precipitación, agua de retorno por actividades agrícolas, flujos subterráneos y contribución por ríos. Datos de Flores-Márquez E. L. et al (2006), Hydrogeology Journal: 14: 1216–1230, reportados por Rodríguez, Martínez, Morales y Venkata y Milan (2014) en Resultados de los estudios geo-ambientales en la Cuenca del Alto Atoyac, Tlaxcala, Puebla, México (2013-2014).

³ Área que se ubica en el Valle Puebla-Tlaxcala en el centro de México.

en el manejo integral del territorio⁴ que produce agua crean una situación de conflicto y peligra su futuro.

La situación actual del agua en la Cuenca del Alto Atoyac es poco alentadora⁵ porque existe abasto insuficiente para consumo humano y productivo, y altos niveles de contaminación de las fuentes de agua por la falta de saneamiento⁶. Además, las condiciones cambiantes del clima afectan la cantidad, periodicidad e intensidad de las lluvias, lo que propicia inundaciones descontroladas o sequías que crean problemas en las zonas urbanas y en las rurales (SSAOT, 2011, 147-196).

Aunado a esto hay una separación entre los instrumentos técnico-normativos de planeación urbana y los de ordenamiento territorial, si es que existen porque no todos los municipios cuentan con ellos. Esto dificulta, desde la etapa de los diagnósticos hasta su puesta en marcha, la transversalidad en las acciones porque refieren solo como dato la capacidad de carga de los ecosistemas, en este caso del hídrico, sin que propongan políticas, estrategias y acciones tendientes a regenerar la Cuenca.

La CAA está delimitada al oeste por los volcanes Iztaccíhuatl y Popocatepetl; al este por el volcán La Malinche; en la parte norte su límite más elevado es la Sierra de Tlaxco y al sur termina en la Presa de Valsequillo. Ésta, a su vez, está dividida en cuatro subcuencas que llevan el nombre del río o cuerpo de agua en el que drenan sus aguas: río Atoyac, río Zahuapan, río Alseseca y Presa de Valsequillo (INEGI, SIATL, 2013).

⁴ Manejo integral del territorio: la planeación del territorio deberá reconocer que los procesos de degradación de los ecosistemas tienen orígenes internos y externos al sector, por lo que sólo con una perspectiva de integralidad y transversalidad se pueden dar soluciones para reestructurar y reducir las presiones sobre los recursos naturales (a. CONAFOR-SEMARNAT, 2015)

⁵ En el Atlas del agua en México (CONAGUA-SEMARNAT, 2015) se identifican algunos, entre los que están la disminución estimada de la cantidad de agua renovable per cápita en la región. Se pronostica que en el período 2015-2030 disminuirá de 1.836 m³/hab./año a 1.628 m³/hab./año (p.28). Además, la CAA está catalogada dentro de las 104 con disponibilidad negativa o en déficit (p. 56). El grado de presión que se ejerce sobre el recurso hídrico en la región se considera alto (p. 94).

⁶ Las PTAR que se ubican a lo largo de la CAA no cumplen con las normas actuales que establece la federación (CNDH, 2017).

El área que territorialmente define la CAA, contiene 70 municipios, de ellos 21 pertenecen a Puebla y 49 al estado de Tlaxcala; está ubicada en la parte alta de la Región Hidrológica del Balsas, que a su vez está conformada por 333 municipios, de los cuales sólo 127 pertenecen al estado de Puebla y 56 al de Tlaxcala (INEGI, SIATL, 2013). Así mismo, contiene a dos zonas metropolitanas definidas en el Sistema Urbano Nacional (SUN): la Zona Metropolitana Puebla-Tlaxcala (ZMPT)⁷ y la Zona Metropolitana Tlaxcala-Apizaco (ZMTA) (CONAPO, 2012). Esta condición implica heterogeneidad en las decisiones y en las acciones sobre los usos del suelo y los recursos; diferentes políticas públicas territoriales, instrumentos de planeación, de ordenamiento territorial y acciones fragmentadas, no transversales, con otras que inciden en el territorio, acotadas por los límites jurídico-administrativos de cada municipio. Esto, aunado a los cambios constantes, tanto de personal como de objetivos de política pública en el relevo de cada una de las administraciones locales, dificulta la materialización de los instrumentos de planeación local, regional y/o metropolitano, incluyendo los que corresponden a los recursos hídricos (López V, 2015).

Estas son algunas de las causas que han generado problemas en la demanda del vital líquido y de los niveles de contaminación en las fuentes superficiales y subterráneas, además de la fragmentación en las políticas de infraestructura, que no conciben la Cuenca como un sistema hídrico que mientras conserve su capacidad de carga⁸ genera, conduce y sana de manera natural el agua que se utiliza para consumo humano y productivo en la región. El volumen que requieren algunas áreas de producción, como la industria y el sector agropecuario; la creciente demanda para uso doméstico; la ineficiencia en su dotación y el deterioro del ecosistema hídrico propician niveles de escasez que ponen en riesgo la seguridad hídrica⁹.

⁷ En esta región destaca la Zona Metropolitana Puebla Tlaxcala porque la cantidad de población y los principales parques industriales de la zona metropolitana ejercen una fuerte presión sobre el recurso hídrico (CONAGUA, 2014)

⁸ Capacidad de carga se refiere a la población que puede sostener un ecosistema sin sufrir un impacto negativo que no se pueda revertir. Se parte de la premisa de que los recursos naturales son limitados (Morales, 2012).

⁹ De acuerdo con el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua “La seguridad hídrica se concentra en atender tres grandes y principales problemas asociados con el agua: el riesgo por la falta de disponibilidad, el riesgo por la contaminación del recurso y los riesgos que se pueden presentar por aquellos fenómenos naturales o antrópicos” (IMTA, 2017:Green peace).

Otra situación que ha puesto en peligro el equilibrio de la CAA, es la expansión urbana sin planeación, lo que ha provocado reducción de las áreas de captación de lluvia y, por lo tanto, disminución de los niveles de los mantos freáticos; falta de saneamiento o el tratamiento parcial del agua servida que se desaloja a los ríos.

Esta situación de la Cuenca se acentúa en las zonas metropolitanas Puebla-Tlaxcala y Tlaxcala-Apizaco, donde el nivel de contaminación de los ríos¹⁰ se debe a la falta de un tratamiento eficiente del agua residual (municipal e industrial) generada en sus principales centros urbanos. El aumento de la demanda del servicio de agua potable y saneamiento de los diversos usos consuntivos del recurso en la Cuenca, el agrícola, el público urbano, la industria autoabastecida y la energía eléctrica, ha generado inequidades y rezagos en la dotación del servicio en la región.

El deterioro de la Cuenca es resultado de la complejidad del sistema que se genera por las interrelaciones de varios factores, como la conservación de los recursos naturales; las actividades productivas; los procesos territoriales en la Cuenca y las formas de gestión en el manejo hídrico, desde la Región del Balsas hasta las comunidades urbanas y rurales dentro de ella. Por lo tanto, es importante tomar en cuenta la dinámica de la Cuenca en cualquier proyecto para no generar problemas como la disminución de los caudales, sobreexplotación de las fuentes de abastecimiento, contaminación de las corrientes superficiales y subterráneas, así como la disminución de áreas para infiltración.

A partir del contexto anterior, el problema de investigación se centra en la conflictividad socio-ambiental en la Cuenca, resultado de la política hídrica en la región aplicada al suministro de agua para los diferentes usos en las dos zonas metropolitanas que se localizan en ella. Por lo tanto, el análisis de la problemática se basa en el enfoque de los sistemas complejos con el fin de identificar y estudiar los procesos que tienen mayor impacto en el deterioro de la CAA, integrando conceptos teóricos como desarrollo sustentable, desarrollo regenerativo (DR), gobernanza, gestión integral de recursos hídricos (GIRH) y manejo de cuenca. La investigación aborda diferentes momentos históricos del desarrollo urbano y rural en la CAA; las transformaciones en el sistema natural y en el uso del agua en la región, a través del análisis de las políticas públicas que produjeron impactos en su nivel de conservación.

¹⁰ El río Atoyac es considerado entre los tres más contaminado en el país (IMPTA-CONAGUA, 2014)

Objetivos

Objetivo general

Con base en la visión territorial de los conflictos socio- ambientales del agua en la Cuenca del Alto Atoyac se plantea como objetivo: Contribuir al conocimiento de las interrelaciones del sistema hídrico-natural, urbano-territorial y de la gestión hídrica que producen deterioro en la Cuenca, factor indispensable para la propuesta de estrategias y líneas de acción que contribuyan a regenerarla.

Objetivos específicos

- Identificar las interrelaciones entre el sistema hídrico-natural y el urbano-territorial a partir de la expansión urbana y la alteración del ciclo hidrológico en la CAA, evidenciando el crecimiento acelerado de la mancha y la demanda de agua, así como los niveles de contaminación de los principales cuerpos de agua y sus implicaciones en el ciclo hidrológico en la Cuenca.
- Analizar la política territorial en la Cuenca y su relación con la problemática del agua en cuanto a usos del suelo y su dinámica natural.
- Identificar estrategias de gestión y a los actores sociales que contribuyan a la regeneración de la Cuenca.

La investigación plantea como hipótesis central que la dialógica entre las transformaciones territoriales, los recursos hídricos y las formas de gestión hídrica, con una visión parcial y sectorial, han coadyuvado al deterioro de la Cuenca y han impedido soluciones de alto impacto en su conservación y regeneración.

La relevancia de esta investigación reside en incorporar a los estudios y análisis socio-territoriales la visión de cuenca, la necesidad de una gestión integral del recurso hídrico y el desarrollo regenerativo. Destaca la importancia de asumir de manera transversal e integral conocimientos de la problemática de un territorio hidrológico, que a su vez forman parte y están contenidos en diversos aspectos, incluidos los jurídico-administrativos que generalmente parcelan la complejidad socio-territorial y ambiental de la Cuenca, como lo hacen las unidisciplinas con las que se estudia el territorio: ambientales, sociales, económicas, políticas, culturales, tecnológicas (Haesbaert, 2011:53).

Con los resultados de esta investigación se espera contribuir en diferentes niveles: a) en la toma de decisiones de diferentes grupos de actores e instituciones que operan y diseñan instrumentos técnico normativos, así como acciones de política pública en el territorio; b) a partir de la información vertida en este documento, concientizar a los habitantes de la CAA sobre los impactos positivos que implica el cuidado de la Cuenca y las acciones tendientes a su regeneración, y c) resaltar la necesidad de la participación de diferentes actores y de las organizaciones sociales, así como de instituciones de los ámbitos local, regional y nacional, en la gestión integral del recurso hídrico para regenerar la CAA.

La metodología utilizada para realizar esta investigación implicó, en primer lugar, la construcción del sistema complejo de la Cuenca, considerando su delimitación conceptual, espacial y temporal, para lo cual fue necesaria una revisión bibliográfica, cartográfica y documental. En el caso de lo conceptual se recurrió a textos sobre sistemas complejos, desarrollo sustentable, desarrollo regenerativo (DR), gobernanza, gestión integral del recurso hídrico (GIRH) y manejo de cuenca.

Para la construcción espacial y temporal del objeto de estudio se revisaron diferentes diagnósticos de la Región Hidrológica del Balsas¹¹, la Cuenca del Alto Atoyac y de algunas subcuencas que la forman. En la investigación de campo se realizaron entrevistas a actores en la región¹², lo que permitió enriquecer el análisis de la gestión e identificar a actores sociales.

El documento está organizado con base en la siguiente estructura capitular: en los tres primeros apartados se sustentan, analizan y explican las interrelaciones entre los sistemas urbano-territorial, el ambiental y el de gestión contenidos en la CAA. En el primero se presenta la conceptualización teórica del problema que apoya la visión de cuenca desde una perspectiva de la

¹¹ Dentro de los cuales están: *Atlas del agua en México* (CONAGUA-SEMARNAT, 2016); *Ríos tóxicos, Lerma y Atoyac* (Greenpeace, 2014); *Resultados de los estudios geo-ambientales en la Cuenca del Alto Atoyac, Tlaxcala-Puebla 2013-2014* (Rodríguez Espinoza, Martínez, Morales, Venkata, & Milan, 2014); *Plomo y arsénico en la Subcuenca del Alto Atoyac Tlaxcala* (García Nieto et al, 2011); *Síntesis de la estrategia de mitigación y adaptación del estado de Puebla ante el cambio climático* (SSAOT, 2011). Además de los diarios oficiales de la federación (SEGOB, 2007, 2014, 2016) donde se actualizan datos de disponibilidad, veda y ordenamiento.

¹² A representantes de la Asamblea Social del Agua, funcionarios de Comisión Estatal de Agua y Saneamiento de Puebla (CEASPUE) y CONAGUA delegación Puebla, así como académicos que han estudiado con diversos enfoques la problemática del agua en la región.

complejidad. Por eso conceptualmente la investigación se sustenta en los siguientes paradigmas: 1) teoría de sistemas complejos, 2) desarrollo sustentable, 3) desarrollo regenerativo y 4) gestión integral de los recursos hídricos.

En el segundo apartado se analiza e interpreta el proceso de generación del problema a través de la evolución histórica de la urbanización y su relación con el recurso hídrico en la región, tanto por sus condiciones geomorfológicas y naturales como por la dinámica cultural desde la época colonial y su relación con las formas prehispánicas. Se detallan los niveles de contaminación de los Ríos Atoyac, Zahuapan y Alseseca así como las presas Atlangatepec y Valsequillo.

En el tercer apartado se puntualiza la legislación y la política territorial de la región con la perspectiva de un desarrollo urbano-regional regido por las políticas del período posrevolucionario y la modernización, se plantean las directrices de planeación y de gestión que se dictan en diversos momentos del desarrollo nacional, que en algunas zonas provocaron la fragmentación del territorio, el desequilibrio del ciclo hidrológico y las condiciones que limitan una gestión integral del territorio en la Cuenca. Así mismo se detalla la legislación actual que sustenta la Gestión hídrica y el desarrollo urbano regional.

En el cuarto apartado, correspondiente al estado actual de la CAA, se caracterizan los elementos del sistema urbano-territorial, el ambiental y el de gestión y se evalúan sus condiciones con la finalidad de integrar un diagnóstico que considere interrelaciones entre los elementos para identificar posibles estrategias y líneas de acción para regenerar la Cuenca.

Finalmente, en un último apartado se elaboran algunas estrategias y recomendaciones sustentadas en el análisis del territorio hidrológico y se presentan lineamientos en diferentes niveles territoriales y ámbitos de gestión.

CAPÍTULO 1

La Cuenca del Alto Atoyac, un territorio complejo

Introducción

El propósito de este capítulo es destacar la necesidad de estudiar la Cuenca del Alto Atoyac, mediante la teoría de los sistemas complejos, considerando las interrelaciones involucradas en su problemática y superando los límites conceptuales impuestos por algunas disciplinas en su estudio y en las acciones sobre el territorio. Con esta visión se establecieron las bases teórico-epistémicas y conceptuales que guiaron la investigación de la Cuenca, concebida como un sistema complejo formado por tres grandes subsistemas: 1) el territorio hídrico, 2) el urbano-territorial y 3) el de gestión. Estos subsistemas constituyen una plataforma para encauzar la investigación de los elementos e interrelaciones de cada uno y entre ellos.

En primer lugar, se establecieron algunos antecedentes de la teoría mencionada con los que se construyó el sistema de estudio mediante aproximaciones conceptuales que explican la problemática de la Cuenca. En segundo lugar, se integran los conceptos de desarrollo sustentable y desarrollo regenerativo para enriquecer el conocimiento de las interrelaciones entre los elementos de cada sistema que se analiza en la Cuenca. En el tercer apartado de este capítulo se analizan diversos enfoques, como gobernanza, gestión integral de los recursos hídricos (GIRH) y manejo de cuenca. En cuarto lugar, se aborda el rol de la política pública y de las instituciones en los procesos urbano-territoriales presentes en la Cuenca. Al final de este apartado se integran en un esquema conceptual los elementos de cada sistema identificado en la Cuenca y se plantea la pregunta general que conduce la investigación: *¿Cuáles han sido los procesos territoriales y de gestión en la CAA que han provocado mayor impacto en los recursos hídricos de la Zona Metropolitana Puebla-Tlaxcala (ZMPT) y en el estado de conservación de la Cuenca?*

1.1 El hilo conductor epistemológico: la visión de los sistemas complejos y la necesidad de traspasar los límites disciplinarios

La construcción del conocimiento sobre la CAA, con la visión que planteamos implica necesariamente exponer nociones de los sistemas complejos y caracterizar la construcción del sistema objeto de estudio.

A través de la historia la ciencia tiene la necesidad de descubrir y establecer la verdad a través de principios, criterios y leyes. Khun (1962) en su texto *La estructura de las revoluciones científicas* señala que en la sucesión de teorías se presentan diversos procesos en los que existen momentos de crisis y rupturas con los paradigmas que construyen los individuos en contextos históricos distintos (Khun, 1962).

Desde el siglo XIX las disciplinas científicas se han regido por principios del positivismo y del empirismo. Las ciencias exactas y naturales han mantenido su primacía generando un enfoque reduccionista y fragmentado del conocimiento, además de diferenciar las ciencias naturales y las sociales. Según Khun (1962), bajo el concepto de evolución del conocimiento esta situación crea una crisis por la imposibilidad de explicar algunas anomalías y se presenta una revolución científica que adopta nuevas formas de ver la realidad y reestructura el marco teórico a partir de visiones alternativas que corresponden a la necesidad de integración y totalidad. De esta manera a mediados del siglo XX surge el pensamiento complejo de la Teoría General de Sistemas con Von Bertalanffy (1968).

Al final del siglo XX Edgar Morín, exponente del pensamiento complejo, critica la visión positivista que genera la disyunción entre lo físico-biológico y lo filosófico-espiritual, que separa al objeto y el sujeto. Con la complejidad se pueden explicar procesos de la realidad con conceptos dinámicos y dialógicos¹³, como el orden-desorden, organización-desorganización y la incertidumbre, en un esquema recursivo a través de espirales que explican la realidad *versus* la causalidad lineal (Morín, 2002). También en la realidad se presenta la contradicción, dos ideas antagónicas pueden generar en ciertos momentos un diálogo y generar un nuevo conocimiento, donde el mito y la racionalidad del objeto-sujeto dialogan (Morín, 1999).

¹³ El principio dialógico es definido por Morin (Morín, El método III. El conocimiento del conocimiento, 1999) como la “asociación compleja (complementaria/concurrente/antagonista) de instancias necesarias conjuntamente para la existencia”.

En el caso de la CAA las dialógicas se expresan en varios niveles: el crecimiento de los asentamientos humanos que han deteriorado zonas con riqueza ambiental que funcionan como áreas de captación de agua superficial y recarga de acuíferos; el uso del agua y la descarga del vital líquido sin un saneamiento adecuado, lo que provoca contaminación de los cuerpos de agua; acciones de política pública de planeación y ordenamiento territorial que han alterado el ciclo natural de la Cuenca, como la construcción de embalses, tecnificación de los distritos de riego y el disecamiento de humedales.

Morín plantea la necesidad del diálogo entre saberes, conocimientos y disciplinas (Morín, 1999) y la necesidad de la fraternidad y la solidaridad (Morín, 2011) en un mundo donde la globalización ha favorecido el individualismo y el aislamiento. En relación con la búsqueda de una gestión integral del recurso hídrico en la CAA los conflictos socio-ambientales seguirán creciendo mientras no se dé un diálogo entre diferentes saberes y conocimientos, tanto de los usuarios como de los operadores, quienes realizan las acciones y aplican las políticas públicas, los instrumentos de planeación y ordenamiento del territorio en un ámbito donde no existe fraternidad ni solidaridad con la población aislada y vulnerable.

Para estudiar la conflictividad socio-ambiental en la CAA, fue necesario revisar las transformaciones de los sistemas ambiental, urbano-territorial y de gestión, lo que facilitó conocer las causas del deterioro del territorio, producto de la acción humana con una gestión parcializada, individualista y poco solidaria.

Para el análisis de la CAA, se retoma de la teoría de los sistemas complejos, la necesidad de un pensamiento global porque este territorio forma parte de una región hidrológica mayor en una dinámica de flujos subterráneos y superficiales que no se pueden aislar del comportamiento de la Cuenca. Tampoco se puede simplificar tomando como base una sola disciplina, fue necesario buscar explicaciones de la ecología, la hidráulica, la geología, la administración (gestión), la planeación y ordenamiento territorial.

Otro elemento que se integra a la definición de complejidad es sin duda la *recursividad* (Morín, 1999, pág. 112) que implica el análisis del carácter dinámico de un territorio en expansión donde los procesos urbano-territoriales, como el crecimiento urbano y poblacional, la demanda, el consumo y uso del agua y el manejo del agua servida, han ocasionado impactos negativos en la conservación de la Cuenca. A su vez estos procesos son producto de condiciones económicas, sociales, culturales, tecnológicas y políticas propias de una racionalidad fragmentada que no considera la capacidad de

carga del sistema hídrico natural, ni la sustentabilidad territorial, ni la regeneración de la cuenca. En esta forma de actuar y pensar el territorio se sustentan recursivamente nuevas acciones sobre él.

Rolando García define como sistema complejo “una representación de un recorte de la realidad, conceptualizado como una totalidad organizada en la cual los elementos no son ‘separables’ y por lo tanto no pueden ser estudiados aisladamente” (García, 2006). Epistemológicamente esta concepción justifica la necesidad de una visión integral y totalizadora de los procesos que definen el objeto de estudio, con la condición indispensable de conocer las interrelaciones entre los procesos que lo estructuran.

El reduccionismo aplicado en estudio del territorio y en las acciones operadas en cada uno de los subsistemas que integran la CAA (el territorio hídrico, el urbano-territorial y el de gestión) como si estuvieran aislados entre sí es una representación de ese recorte de la realidad mencionado (el todo está en la parte y la parte en el todo), lo que le confiere el carácter o principio hologramático. (Morín, 1999)

Por lo tanto, el análisis de los procesos interactuantes que han deteriorado la Cuenca no debe realizarse con un enfoque reduccionista y fragmentado como hasta ahora se ha hecho, con la hidráulica como ciencia dura o con las ciencias naturales, sin incorporar a las ciencias sociales, porque la gestión hídrica y los modos de apropiación del territorio y el agua por diferentes agentes han propiciado efectos en el sistema natural, en el social y en el hídrico.

Observar la realidad con una perspectiva integral y holística, sin que esto implique caer en el holismo incontrolado (Tudela, 1991), en la que se incorpora sus múltiples dimensiones o elementos permite diferenciar el sistema y el medio que lo rodea e identificar los elementos del sistema (García, 2006). Un sistema complejo es construido por el investigador, quien lo define como totalidad, constituido por un conjunto de elementos interconectados, donde el todo es mayor que las partes.

La propuesta de abordar la problemática territorial de la Cuenca con la teoría de los sistemas complejos responde a la necesidad y conveniencia de construir un modelo para observar la complejidad del territorio a través de las interrelaciones entre los procesos sociales, económicos, político-institucionales y ambientales para explicar los procesos territoriales y de gestión hídrica que han generado mayor impacto en los recursos hídricos de la Zona Metropolitana Puebla-Tlaxcala (ZMPT) y en el estado de conservación de la Cuenca.

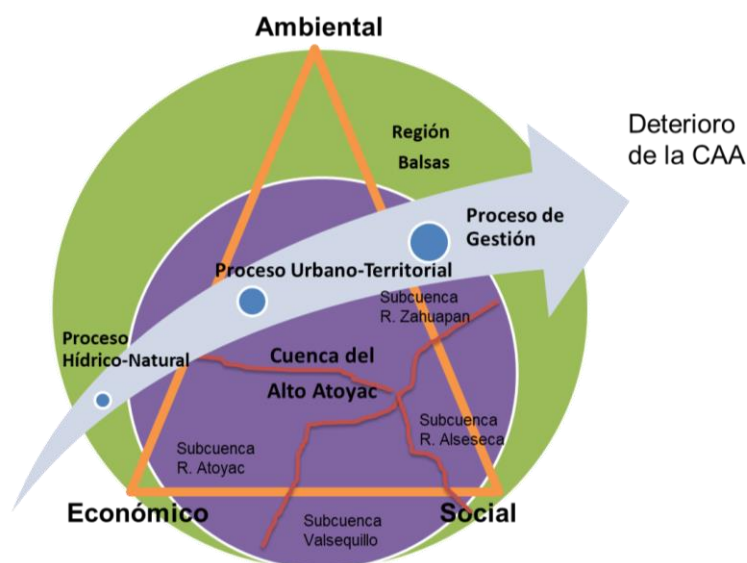
Para Rolando García (2006) la complejidad surge ante: "...la imposibilidad de simplificar, dónde la unidad compleja produce sus emergencias, y dónde los desórdenes y las incertidumbres perturban los fenómenos" (Cabrera, 2010, págs. 18-19). Estas condiciones se presentan en la Cuenca y se expresan en la complejidad; los desequilibrios en los procesos territoriales son resultado también de los hídrico-naturales y las emergencias ante las incertidumbres de los eventos meteorológicos se intensifican por los niveles de vulnerabilidad, donde "el sujeto-observador sorprende su propio rostro en el objeto de observación" (Cabrera, 2010, págs. 18-19). Sea como usuario del agua o como sujeto habitante de la Cuenca el observador es también elemento del objeto de estudio, "allí donde las antinomias hacen divagar el curso del razonamiento" (Cabrera, 2010, págs. 18-19). Evidentemente el objeto de estudio presenta incompatibilidades y contrastes en relación con los usos de suelo y la conservación de la Cuenca, con la demanda del recurso hídrico para el uso humano en sus diferentes actividades y con los grandes proyectos de infraestructura que generan externalidades y escasez en las áreas de recarga.

Otro concepto planteado por los sistemas complejos es la integración de la historicidad, porque "La evolución de un sistema abierto tiene lugar por desestructuraciones y reestructuraciones sucesivas. De aquí que sólo un estudio diacrónico (histórico) puede proveer elementos suficientes para comprender el funcionamiento de un sistema en un momento dado" (García, 2006, pág. 128). En el caso de la CAA el estudio histórico permite identificar los procesos deteriorantes a partir de la urbanización y el surgimiento de procesos de gestión institucionalizados a través de herramientas de planeación normativa, así como la aparición de conflictos por el agua por desequilibrios del ciclo hidrológico.

1.1.1 Representación del sistema

Con los elementos presentados anteriormente se construyó por aproximaciones sucesivas el sistema complejo del objeto de estudio, en el que se consideró la necesidad de realizar diferentes recortes de la realidad que responden espacialmente, temporalmente y conceptualmente a la pregunta que guió la investigación (Tudela, 1991).

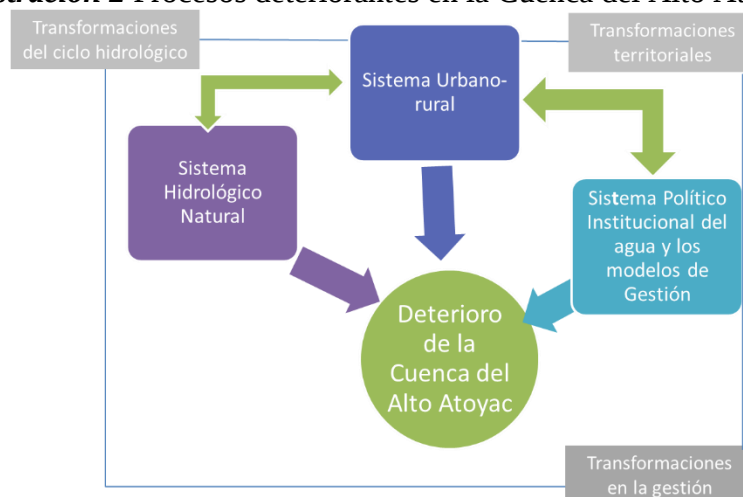
Ilustración 1 Sistema espacial anidado, los procesos interdefinibles y su impacto en el territorio



Fuente: Elaboración propia, 2017.

La Ilustración 1 representa a la CAA, como un sistema cuyo recorte espacial se basó en la delimitación geográfica y político-administrativa reconocida por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) para las regiones hidrológicas en las que se subdivide el país. La Cuenca pertenece a una región que a su vez se compone por subcuencas y microcuencas. En esta conformación sistémica espacial y funcional el sistema hídrico que produce agua en la Cuenca nutre al río Balsas, que desemboca en el Pacífico. Además, al interior el sistema estudiado se subdivide en cuatro subcuencas: Atoyac, Zahuapan, Alseseca y Presa Manuel Ávila Camacho. Los niveles espaciales contenidos son: meso-regional (Región Balsas), regional (CAA) y micro-regional (subcuencas). Así mismo, se superpone el esquema triangular de la sustentabilidad, alterado por diferentes dinámicas ambientales, urbano-territoriales y de gestión, y por la propia complejidad de una cuenca donde el proceso hídrico se ha supeditado a los procesos urbanos-territoriales y de gestión de control del agua por el Estado. El ciclo hidrológico se ha desestabilizado por la política hídrica diseñada para dotar de agua potable y por el desalojo de aguas servidas. No hay política para la recarga de acuíferos y la recuperación de fuentes superficiales, lo que es una incongruencia en el proceso hídrico porque no se considera a la fuente de agua como tal.

Ilustración 2 Procesos deteriorantes en la Cuenca del Alto Atoyac.



Fuente: Elaboración propia, 2017.

La Ilustración 2 es un acercamiento a la dinámica de la CAA, como resultado de los procesos deteriorantes que se identifican en este primer acercamiento conceptual y experimental. El primero que se analiza es el proceso urbano-territorial, que es resultado del modelo de desarrollo metropolitano propio del país, donde predominan las actividades terciarias y secundarias, además de diversos equipamientos que hacen de esta zona la segunda en importancia en el contexto megalopolitano, así como en el nivel regional y nacional (López R., 2010).

Existen dos zonas metropolitanas reconocidas en el Sistema Urbano Nacional que se localizan en la CAA: La Zona Metropolitana Puebla Tlaxcala (ZMPT) y la Zona Metropolitana Tlaxcala Apizaco (ZMTA). La primera por su carácter interestatal, poblacional y de superficie es la de mayor impacto. La ZMPT tenía en 2010 una población de 2 728 790 habitantes y su superficie ocupaba casi 60% del área total de la Cuenca, mientras que la ZMTA tenía una población de 499,567 habitantes sobre una superficie de 708.1 km², lo que equivale aproximadamente a 17% de la superficie total de la Cuenca¹⁴. Los problemas metropolitanos y su desatención por los gobiernos en la ZMPT han sido identificados por Iracheta (2012) y la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (2013), algunos de ellos son: creciente erosión y deforestación de bosques; cambio en el uso de suelo agrícola a urbano; contaminación de cauces de ríos, del suelo y del aire

¹⁴ Datos estimados con base en el documento Delimitación de las Zonas Metropolitanas de México, 2010. (SEDESOL-CONAPO-INEGI)

provocada por la industria. También se mencionan problemas sociales como la pobreza y la marginación social, así como el déficit en la calidad de los servicios, como escasez de agua, e incremento de riesgos de todo tipo por la proliferación de asentamientos irregulares (Iracheta C., 2012), (OCDE, 2013).

Como se comentó en párrafos anteriores la problemática urbano-territorial es resultado de una serie de procesos que de manera aislada ha sido analizada por diversas disciplinas, sin embargo, la diversidad de interacciones en la dinámica urbano-territorial impone la necesidad de un abordaje transdisciplinario, tendiendo a integrar el conocimiento alrededor de un solo objeto de estudio (García, 2006). El dilema es incorporar los conocimientos en “...una nueva red de múltiples entradas, salidas y derivaciones” (Cabrera, 2016, 9) con una mirada dirigida al binomio formado por la sociedad y el territorio.

El territorio de análisis de las interrelaciones entre los diferentes elementos es generado y transformado, convirtiéndose en referente para los actores, que a su vez lo modifican y transforman con sus referentes culturales (López V, 2013) en un movimiento constante en espiral al que Morin ha nombrado bucle recursivo. En el caso de la CAA coexisten la sociedad urbana, la rural, actores institucionales, particulares y de la sociedad civil, que generan y transforman la demanda y el uso del agua, la expansión urbana, así como las políticas para dotar de servicios y aumentar las coberturas del vital líquido y saneamiento a los diversos usuarios del recurso. Los conflictos se generan porque la mayoría de las veces las intencionalidades se contraponen, la mirada direccionada y unificada está ausente en la solución de problemas urbano-territoriales.

En una visión transdisciplinaria¹⁵ la noción de territorio incorpora diversas relaciones sociales y de gestión históricamente edificadas sobre un sistema natural conformando una compleja unidad socio-territorial, como la CAA. La comprensión de los procesos urbano-territoriales en la Cuenca se alcanza articulando diferentes conocimientos y saberes donde los elementos implicados en este sistema están interdefinidos por las formas de vida, de relacionarse con los otros y con el entorno en

¹⁵ Transdisciplina implica asumir una actitud que integre constructos teóricos generados por distintas disciplinas sobre la realidad que se está interpretando; “la transdisciplina es una forma de organización de los conocimientos que trascienden las disciplinas de una forma radical. Se ha entendido la transdisciplina haciendo énfasis: a) en lo que está entre las disciplinas, b) en lo que las atraviesa a todas, y c) en lo que está más allá de ellas” (Morin , 2012b).

el que se vive; con las formas de producción, consumo y derroche que están llevando al agotamiento de recursos que sirven de soporte a la vida (agua, suelo, aire), que de no cuidarlos amenazan con la destrucción de las formas de vida que conocemos, incluido el ser humano.

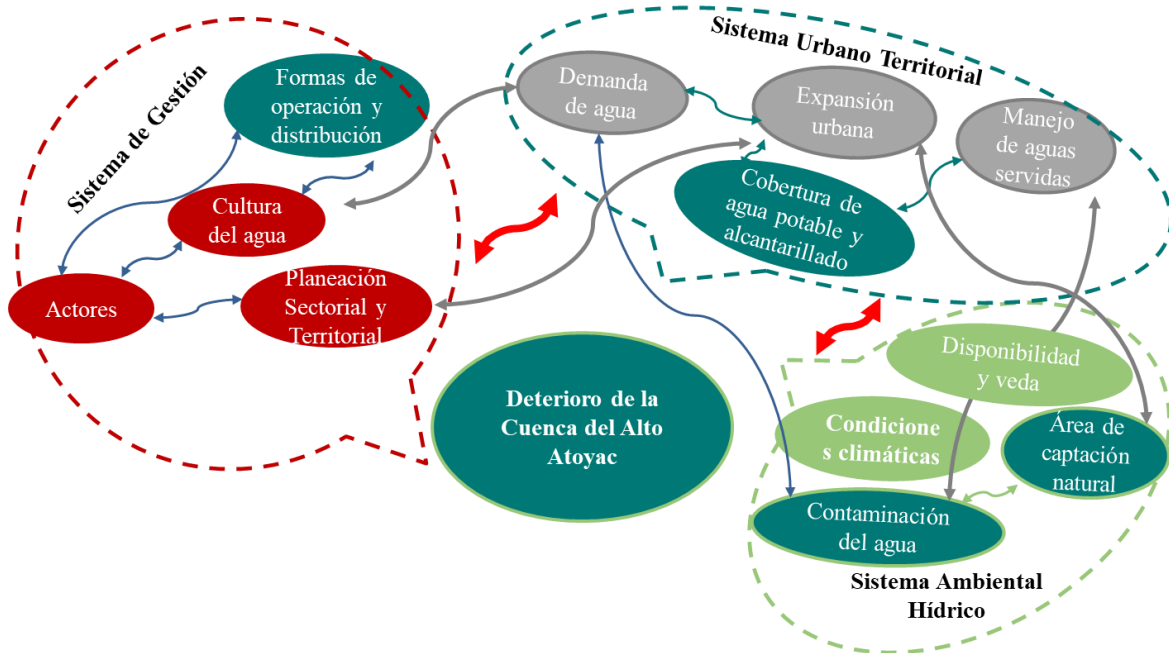
Por ello en los análisis urbano-territoriales es fundamental destacar el papel de los actores sociales, por ejemplo, los desarrolladores inmobiliarios que construyen sobre suelos no aptos para asentamientos humanos, con alto valor ambiental e importantes en la función hidrológica del subsuelo, cada vez más alejados de las urbes (López V, 2013). Por lo tanto, el territorio en sus múltiples dimensiones y escalas (lo urbano, lo rural, la región hidrológica, la cuenca y subcuenca) definen el territorio de estudio.

El segundo proceso deteriorante es el hídrico-ambiental, producto de la interacción del crecimiento urbano de las zonas metropolitanas de esta Cuenca, los cambios de uso de suelo, la demanda creciente del recurso hídrico para la producción y para el consumo humano. Entre el año 2010 y el 2015 la población de la ZMPT creció a una tasa de 1.27%, lo que equivale a un poco más de 178 mil habitantes (Iracheta, 2012). Aunado a esto los niveles de contaminación por el desalojo de aguas servidas a los ríos sin previo tratamiento generan desequilibrios en el ciclo hidrológico a partir de la sobreexplotación de acuíferos, la disminución de áreas de captación, el aumento en la evapotranspiración y la disminución de la capacidad natural de regeneración de la calidad de agua que se produce en la Cuenca. El río Atoyac, una porción del río Zahuapan, y el embalse Valsequillo están considerados con altos niveles de contaminación; el Atoyac está clasificado entre los tres ríos más contaminados de México (IMTA, 2013). Sólo 14% de las aguas vertidas sobre este cause son tratadas y aunque existen plantas de tratamiento localizadas a lo largo de la cuenca del río Atoyac no se usan o funcionan de manera ineficiente porque no cumplen con los nuevos lineamientos federales (publicados en el DOF, 2015).

Esta situación aumenta el riesgo de exposición de la población a compuestos tóxicos, sea por inhalación en las cercanías del cauce o por consumo de productos agrícolas regados con agua contaminada, sin que medien estrategias eficientes en el paulatino proceso de urbanización e industrialización (CNDH, 2017). La alteración del entorno natural ha creado condiciones de vulnerabilidad ante eventos hidrometeorológicos en los asentamientos donde el sistema ambiental ha sufrido mayor afectación (SSAOT, 2011).

La gestión hídrica es el tercer proceso deteriorante en la CAA; en ella interactúan el sistema político-institucional, que detenta los procesos de gestión en los diferentes niveles de gobierno, y los actores agrupados en diversas asociaciones que identifican problemáticas socio-ambientales en la Cuenca, gestionan y promueven los derechos al agua ante la privatización y la conservación de ecosistemas, generando conflictos entre los intereses y objetivos de los diferentes actores involucrados en la gestión de los recursos hídricos de la región.

Ilustración 3 Integración de los elementos de cada subsistema y sus interrelaciones



Fuente: Elaboración propia, 2017.

En la Figura 3 se representan los elementos de cada subsistema identificado y se muestran las interacciones de los elementos dentro de su sistema y con otros elementos fuera de él. En el sistema de gestión se interrelacionan los siguientes elementos: los actores, incluidos los funcionarios en los diferentes niveles de gestión, así como a la sociedad civil, integrada en asociaciones que apoyan la solución de conflictos por el agua en la región. La cultura del agua se analiza en las formas de uso y en la participación en la solución de conflictos. La operación del sistema se analiza en la administración de la infraestructura instalada para dotación de agua potable y saneamiento. Finalmente, el elemento planeación territorial intenta presentar las diferentes políticas, planes y programas que se han aplicado en el territorio y afectan directamente al deterioro de la Cuenca.

Para el sistema urbano-territorial se consideran los siguientes elementos: usos del agua, expansión urbana, coberturas y tratamiento de aguas servidas. En el sistema ambiental están los siguientes elementos: niveles de disponibilidad, áreas de captación natural y vegetación, contaminación de fuentes y condiciones climáticas que pudieran afectar el equilibrio del ciclo hidrológico.

Este modelo sistémico para la Cuenca fue de gran utilidad en la definición de los sistemas urbano-territorial, ambiental y de gestión que se interrelacionan. Recurrir a la historicidad del problema fue necesario para determinar periodos importantes para cada uno de esos sistemas, como la aplicación de algunas políticas de desarrollo. El modelo constituyó la guía metodológica para establecer el diagnóstico que se presenta en el Capítulo III de este documento, y éste, a su vez, facilitó la identificación de aspectos estratégicos para coadyuvar al desarrollo regenerativo de la Cuenca delineando propuestas para el corto, mediano y largo plazo en diferentes escalas de actuación de diferentes actores que intervienen en el manejo del agua en este territorio.

Con lo vertido en este apartado se confirma que acercarse al objeto de estudio con la teoría de los sistemas complejos es una forma de organizar el conocimiento que no desecha el conocimiento simple, sino que aspira a crear un marco epistemológico mayor. Este tipo de pensamiento propone una serie de principios con los cuales se puede complejizar aquello que la política hidráulica convencional, la ambiental, el ordenamiento y la planeación urbano-territorial mantienen separado (Dourojeanni, 2013 a). Analizar el territorio con simplicidad impide integrar la diversidad de saberes y genera explicaciones con una sola visión. (Tudela, 1991) hace hincapié en la necesidad de un enfoque de sistemas complejos en los estudios del medio ambiente porque las relaciones que se establecen entre los componentes son heterogéneas y los procesos que se presentan generan grandes variaciones. Por lo tanto, la reagrupación de los componentes permitiría incidir en un elemento mediante acciones en los otros elementos del sistema, generando así soluciones más eficaces y racionales que las intervenciones aisladas y sectoriales que se dan, por ejemplo, en el manejo hídrico. También en los estudios urbano-territoriales es necesario aplicar el enfoque de sistemas complejos (Tudela, 1991).

En la construcción del sistema complejo de la Cuenca se tomaron en cuenta los siguientes puntos:

- a) La Cuenca es una unidad compleja.
- b) La complejidad de la Cuenca implica entender la realidad como una red de relaciones entre procesos multidisciplinarios de diversas dimensiones donde el desorden y la incertidumbre forman parte de la dinámica y estructuración del sistema.
- c) En los principios de Morín la noción de sistema implica una dialéctica de orden-desorden-organización, que en la teoría de sistemas complejos representa la idea de evolución de un sistema abierto. Esto obedece a procesos de desestructuración y reestructuración, lo que deriva necesariamente en la observación de la realidad como una unidad compleja organizada que se estructura a partir de la interrelación de sus componentes en una dinámica de cambio y variaciones.

En conclusión, las interacciones entre los diversos elementos de los sistemas urbano-territoriales, ecológicos y de gestión¹⁶ que existen en la Cuenca y que ejercen una presión cada vez mayor sobre el agua evidencian la necesidad de su estudio con el pensamiento complejo para lograr la integración y articulación de todos los elementos que se mantienen artificialmente separados y que provocan contradicciones y conflictos entre el uso de los recursos y la regeneración de la Cuenca.

1. 2. Desarrollo sustentable

Desde hace décadas el término desarrollo sustentable ha impregnado el discurso utilizado en diferentes ámbitos de la sociedad, sean económicos, políticos, ambientales, urbano-territoriales, culturales y tecnológicos; sin embargo, de tanto decirlo se ha vaciado de contenido por lo que es necesario recuperar su significado (Toló, 2014). Es por eso que se explicita en este apartado, ya que el análisis del estado actual de la CAA y la propuesta presentada en capítulos posteriores para la gestión integral del recurso hídrico integran transversalmente el término.

¹⁶ En el sistema de gestión se desglosan los actores, la cultura del agua, la operación del sistema de distribución del agua y la planeación territorial. Para el sistema urbano territorial se consideran los siguientes elementos: los usos del agua, la expansión urbana, las coberturas y el tratamiento de aguas servidas. En el ambiental se tienen los siguientes elementos: niveles de disponibilidad y ordenamiento, áreas de captación natural, contaminación de fuentes y condiciones climáticas.

En la década de 1960 del siglo XX, en el contexto internacional se publican los primeros planteamientos sobre el deterioro ambiental causado por las actividades humanas; los textos *Primavera silenciosa* (Carson, 1962) y *La tragedia de los comunes* (Hardin, 1968) esbozan la necesidad de cambiar la concepción antropocéntrica, regida por la lógica capitalista, meramente económica, por un nuevo paradigma biocéntrico donde la sociedad es un subsistema en estrecha relación con el subsistema biofísico que sustenta al desarrollo humano. La crisis de los paradigmas de la modernidad que rigen el desarrollo con un enfoque economicista “evidencia un impacto ecológicamente depredador, socialmente perverso, políticamente injusto, culturalmente insensato y éticamente repulsivo” (Cordero, 2010). Por eso se recomienda la adopción de nuevos paradigmas de desarrollo orientados hacia la ética y la conservación del medio ambiente.

Pero no sólo la academia expresa su preocupación por el riesgo en que se encuentra el planeta Tierra; en el ámbito gubernamental se da la primera llamada de alerta en la Conferencia de Estocolmo en 1972, patrocinada por las Naciones Unidas. Así inicia una serie de convenciones y conferencias con el fin de guiar algunas acciones y recomendaciones de las instituciones internacionales para atender principalmente, en un inicio, el deterioro ambiental. El término desarrollo sustentable surge como respuesta al panorama desalentador¹⁷ que se presenta en el informe *Nuestro Futuro Común* (1987) de la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, conocida como Comisión Brundtland. En este informe se define el desarrollo sustentable como el que “satisface las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer las posibilidades de las generaciones del futuro para atender sus propias necesidades”. Esta definición se asumiría en la Conferencia de Río de Janeiro en 1992.

Otro referente internacional que apoya las posturas de sustentabilidad en materia de progreso social, económico y ambiental es el Programa o Agenda 21 que se inicia en 1989 (Plan de acción para el siglo XXI). En la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (1992) el cambio climático se integra a la política ambiental internacional (ONU, 1992a) y en 1997 se presenta el Protocolo de Kyoto, una acción encaminada a reducir los gases de efecto invernadero (GEI): dióxido de carbono, metano, óxido nitroso, hidrofluorocarbonos, perfluorocarbonos y hexafluoruro de azufre, generados por actividades antropogénicas (ONU, 1997).

¹⁷ Situaciones de desigualdad, pobreza, deterioro ambiental, desarticulación social y globalización financiera.

En el ámbito internacional se ha tratado de guiar la política ambiental en los países miembros de la ONU y de UNESCO integrando acciones como el Programa 21, el Protocolo de Kyoto y las Metas del Milenio, que intentan conducir el desarrollo sustentable y darle viabilidad a través de la ejecución de programas, de marcos regulatorios, fiscales e institucionales para la gestión ambiental. Sin embargo, la evaluación de las políticas ambientales, las instituciones y las herramientas de gestión ambiental muestran que los problemas sociales y ambientales, lejos de solucionarse, se han agravado. Las proyecciones demográficas muestran que la población mundial se incrementará en 38%, pasará de 6,900 millones en 2010 a 9,600 millones para el año 2050 (ONU, 2013), lo que significará mayor presión sobre los recursos del planeta.

La Declaración del Milenio, aprobada en 2002 por los estados miembros de las Naciones Unidas, compromete a los líderes del mundo a enfrentar el problema de la pobreza extrema en sus muchas dimensiones y a crear una vida mejor para todos. Los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM)¹⁸ forman el marco de trabajo con el que se evalúan los avances hacia el año 2030. Garantizar la sostenibilidad del medio ambiente es el Objetivo 7, que contiene tres metas, dos de ellas relacionadas con el sistema de agua potable y saneamiento: 1) reducir a la mitad la proporción de la población sin fuentes mejoradas de agua potable, y 2) reducir a la mitad la proporción de la población sin servicios de saneamiento (ONU, 2015). La integración del desarrollo sustentable como una orientación para el desarrollo de un territorio definido se ha considerado desde hace cuatro décadas a nivel internacional y en México desde hace por lo menos dos décadas se integra como discurso en la política local.

Por otro lado, el tema de los recursos hídricos que aquí compete es el que ha tenido mayor afectación por su papel estratégico en el desarrollo humano y la calidad de vida porque el nivel de escasez del vital líquido para el consumo humano y productivo ha aumentado por presiones demográficas, por la urbanización, los modelos de consumo y la necesidad de recarga en áreas de conservación y protección de ecosistemas (UNESCO, 2015).

¹⁸ Los resultados se comparan con 21 metas y 60 indicadores sobre la pobreza extrema y el hambre, la educación, el empoderamiento de la mujer y la igualdad de género, la salud, la sostenibilidad del medio ambiente y la alianza mundial para el desarrollo.

Ante el panorama planteado el manejo de una cuenca debe orientarse al cumplimiento de los Objetivos del Milenio, de la Agenda XXI y del Protocolo de Kyoto para el suministro de agua y saneamiento en calidad y cantidad necesarias para el buen desarrollo humano y productivo de los territorios.

La legislación mexicana contiene bases jurídicas que reconocen el derecho de toda persona a un medio ambiente sano para su desarrollo y bienestar. El artículo 4º constitucional¹⁹ establece que es atribución del Estado garantizar el respeto a este derecho; también se establece que el daño y el deterioro ambiental generarán responsabilidad para quien los provoque, en términos de lo dispuesto por la ley. En el mismo artículo, en materia de saneamiento se establece que:

Toda persona tiene derecho al acceso, disposición y saneamiento de agua para consumo personal y doméstico en forma suficiente, salubre, aceptable y asequible. El Estado garantizará este derecho y la ley definirá las bases, apoyos y modalidades para el acceso y uso equitativo y sustentable de los recursos hídricos, estableciendo la participación de la Federación, las entidades federativas y los Municipios, así como la participación de la ciudadanía para la consecución de dichos fines (SEGOB, 2017).

La Ley de Aguas Nacionales considera en el artículo 3 términos para su aplicación, entre los que se destacan: X. Capacidad de Carga; XV. Consejo de Cuenca; XVI. Cuenca Hidrológica; XXI. Desarrollo Sustentable; XVIII. Gestión del Agua y XIX. Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (SEGOB, 2016). De esta manera tanto en el ámbito internacional como en el nacional están sustentadas las bases para la puesta en marcha de acciones en el marco del desarrollo sustentable, sin embargo la realidad ha demostrado que no basta su existencia, se requieren políticas, estrategias y acciones transversales en los ámbitos que interactúan en el territorio, incluido el hidrológico, tarea compleja porque lo que ocurre en estos territorios es producto de numerosos procesos interactuantes de la sociedad, incluidos los históricos.

1.2.1. Desarrollo sustentable, definición operativa

¹⁹ Este párrafo se adicionó el 8 de febrero de 2012 como resultado de la reforma al párrafo quinto (SEGOB 2012).

Como se expuso en párrafos anteriores, en el discurso de las políticas territoriales está expuesta la necesidad de incluir acciones con una perspectiva de desarrollo sustentable, por lo que es importante definirlo para abordar la problemática de las conflictividades de la CAA y las estrategias de solución.

El desarrollo sustentable no puede ser visto sólo en términos ecologistas; es un concepto multidimensional que hace referencia a lo económico, lo social, lo cultural, lo institucional, lo político, lo ambiental, lo tecnológico, como propiedades internas del territorio donde el objeto de intervención se torna o no sustentable. Es un sistema complejo en el que interactúan diversos procesos para orientar procesos de cambio en donde la observancia de los instrumentos técnico-normativos tiene un papel fundamental (Cordero, 2010).

Considerando que la CAA, es un sistema complejo cuya problemática hídrica, social y territorial ha estado y está determinada por intereses económicos, por decisiones políticas y de gestión, por acciones culturales y tecnológicas que han afectado el medio ambiente, se afirma que la dinámica natural de la CAA se ha visto alterada por las intervenciones del hombre en este territorio: obras hidráulicas: presas, entubamientos de ríos y canales; así como impactos de los procesos urbano-territoriales en la conformación de la conurbación Puebla-Tlaxcala, tales como la expansión de la mancha urbana sobre suelo de uso forestal o agrícola; el incremento de tierras para uso urbano; altos niveles de contaminación de fuentes superficiales por falta de saneamiento y desabasto de agua potable en áreas rurales y marginales.

Las dos zonas metropolitanas que se asientan en la CAA, la Puebla Tlaxcala y la Tlaxcala Apizaco²⁰, ocupan 3 100 km², lo que equivale a 77% de la superficie total de la Cuenca. Así mismo, la población urbana supera el 70% la población total de la Cuenca, esto implica un alto nivel de concentración y dispersión en el territorio. Esta distribución desequilibrada de la población en la Cuenca se debe a las migraciones de una zona a otra para buscar compensaciones necesarias, tanto servicios ambientales como beneficios por la cercanía de los medios de producción. Esto no facilita el desarrollo sustentable del territorio en estudio.

²⁰ Zona Metropolitana Puebla-Tlaxcala y Zona Metropolitana Tlaxcala-Apizaco.

Tudela (1996; 145-153) define el desarrollo sustentable como un proceso hacia grados de racionalidad creciente, resultado de una transición cultural con una perspectiva ampliada relacionada en tres planos: el conceptual, el espacial y el temporal:

Conceptual. En este plano el desarrollo sustentable se percibe como un desafío a la transdisciplinariedad, entendiendo que hay relaciones entre los componentes que integran la realidad: físicos, ecológicos, productivos y socioculturales. En este sentido es necesario entender la Cuenca como relaciones entre los procesos hídrico-natural, urbano-territorial y el de gestión.

El proceso hídrico natural se conceptualiza en la hidrología considerando los elementos de una cuenca, sin embargo su regeneración se logrará a partir de la gestión integral del recurso hídrico.

Espacial. Este plano se fundamenta en el metabolismo urbano, donde se intercambia materia, energía e información y se generan relaciones con territorios a veces muy alejados, como las áreas rurales y otras zonas urbanas dentro y fuera de la región. En la Cuenca las áreas urbanas concentradas en sus zonas metropolitanas generan fuertes impactos en el territorio hídrico porque aumentan áreas no permeables, disminuyen áreas de captación y generan mayores niveles de consumo²¹. Las diferentes escalas en que se localizan los procesos estudiados en la Cuenca son: local, estatal y el regional.

Temporal. Ya que el desarrollo sustentable considera los intereses de las generaciones futuras, el análisis se amplía al mediano y largo plazo en una perspectiva que trasciende los marcos unidisciplinarios, las demarcaciones geográficas y los sectores sociales. Un enfoque de cuenca requiere no sólo el análisis actual del sistema porque los impactos se generaron al menos una década atrás. Por eso es muy importante que en la regeneración de la Cuenca se opere de manera clara la prevención, la mitigación y su recuperación para garantizar la disponibilidad del recurso hídrico a las generaciones presentes y futuras, lo que implica acciones para el corto, mediano y largo plazo. Un requisito indispensable es la participación activa y organizada de los diversos actores y grupos sociales que protagonizan el funcionamiento y transformación de un territorio en la construcción y operación de un acuerdo social incluyente (López V, 2013).

La ley de Aguas Nacionales define el desarrollo sustentable en materia de recursos hídricos como:

²¹ Se estima un crecimiento poblacional anual promedio de 2% para la ZMPT entre 1990-2015, con base en los censos de población y vivienda de INEGI, 1990-2015.

el proceso evaluable mediante criterios e indicadores de carácter hídrico, económico, social y ambiental, que tiende a mejorar la calidad de vida y la productividad de las personas, que se fundamenta en las medidas necesarias para la preservación del equilibrio hidrológico, el aprovechamiento y protección de los recursos hídricos, de manera que no se comprometa la satisfacción de las necesidades de agua de las generaciones futuras (SEGOB, 2016: 2-5).

En esta Ley, además de los conceptos capacidad de carga, desarrollo sustentable, gestión del agua, gestión integrada de los recursos hídricos, mencionados párrafos arriba se han definido también los siguientes: rescate, reúso, servicios ambientales, uso ambiental o para conservación ecológica, zona de protección, zona reglamentada, zona de reserva y zona de veda (SEGOB, 2016; 2-9). El término regeneración de cuenca no está contemplado en la citada ley.

En cuanto a la gestión, existe dificultad para operar la Cuenca de manera integral porque se ha desarrollado con las estructuras sectorizadas de la administración pública del agua, no obstante que desde el Plan Nacional Hidráulico 2007-2012, en el actual, 2014-2018, así como en los programas estatales de Puebla y Tlaxcala²² se promueve el manejo integrado y sustentable del agua en cuencas y acuíferos.

En conclusión, el desarrollo sustentable, es un concepto multidimensional que, según en el pensamiento complejo debe ser integral e interdisciplinario y que depende tanto de factores endógenos como de la interrelación del sistema con su entorno. El desarrollo sustentable no se refiere a una meta tangible ni cuantificable para ser alcanzada en determinado plazo y momento; es la posibilidad de mantener un equilibrio en las interrelaciones de los ámbitos económico, social, cultural, institucional, político (incluida la gestión), ambiental y tecnológico, de manera que no se rebase la capacidad de carga de los ecosistemas y mejore la calidad de vida de los seres humanos (Elizalde, 2003). En las condiciones actuales de deterioro del territorio, incluido el hídrico, no es suficiente hablar de desarrollo sustentable, se requiere ir más allá y revertir los impactos mediante el desarrollo regenerativo, lo que se explica en el siguiente apartado.

1. 2. 2. *Desarrollo regenerativo*

²² El objetivo 3 en el Plan Nacional Hídrico (2007-2012) y el Objetivo 1: Fortalecer la Gestión Integrada y Sustentable del Agua (2014-2018).

El desarrollo regenerativo, implica el “uso de recursos para mejorar el bienestar de la sociedad, de forma que *mejore* la capacidad de los sistemas de soporte necesarios para el crecimiento futuro”. El desarrollo sustentable es “el uso de recursos para mejorar el bienestar de la sociedad de una forma que *no destruya* los sistemas de soporte necesarios para el crecimiento futuro” (Gabel, 2015). En el caso de la CAA es necesario realizar acciones para su regeneración. Dos de sus elementos naturales, el río Atoyac y una porción del Zahuapan, presentan altos índices de contaminación; el Atoyac sobrepasa hasta ocho veces los límites máximos aceptables: “la mayor parte del río Atoyac es altamente tóxica y representa un peligro severo para los 1.2 millones de personas expuestas en las proximidades del río. La intoxicación causada por el uso de agua para el riego de cultivos en la zona aumenta el riesgo de afectaciones a la salud”. (Greenpeace, 2014; 6). En un estudio de biomonitorización realizado por Montero et al., (2006) a individuos que viven en Santa María Moyotzingo, Santa Ana Xamimilulco, Villa Alta y Santiago Michac, comunidades cercanas al río Atoyac y al Xochiac, se reportaron niveles elevados de leucemia, daño renal genotóxico y con ello el riesgo de padecer cáncer.

Diariamente se vierten al río Atoyac 146.3 toneladas de materia orgánica; 62.8 toneladas de sólidos suspendidos totales; 14.7 toneladas de nutrientes; 0.14 toneladas de metales pesados como plomo, cromo, cadmio, cobre, mercurio, níquel y zinc, así como 0.09 toneladas de compuestos orgánicos tóxicos provenientes de industrias textiles, alimenticias, químicas, petroquímicas, automotrices y papeleras. Como resultado de operativos realizados conjuntamente entre la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA), la Comisión Federal para la Protección contra los Riesgos Sanitarios (COFEPRIS) y la Comisión Nacional de Agua (CONAGUA) en el año 2015, clausuraron nueve empresas asentadas a lo largo del Atoyac, entre los estados de Puebla y Tlaxcala, que descargaban residuos altamente contaminantes y por manejo inadecuado de residuos peligrosos. Así mismo, se identificaron 31 municipios de Puebla y Tlaxcala que no cuentan con plantas de tratamiento de agua y las instaladas no funcionan adecuadamente (COFEPRIS-PROFEPA-CONAGUA, 2015).

La regeneración debe resolver el problema de tal forma que mejore la capacidad de los sistemas de soporte en la CAA. El desarrollo regenerativo busca identificar fugas o emisiones nocivas en los procesos urbano-territorial, hídrico-natural y de gestión con el fin de cerrar el circuito y dirigir los recursos hacia los procesos donde puedan utilizarse como entradas valiosas. La meta es

reducir en el corto y mediano plazo (5-10 años) el vertido de residuos tóxicos y los impactos de los procesos que estén generando deterioro y desequilibrio en el territorio.

Retomando para la CAA, los principios del desarrollo regenerativo que presenta Medard Gabelson (2015) en “Regenerative Development: Going Beyond Sustainability”, es necesario:

- Reconocer que el deterioro de la Cuenca está dentro de un sistema global. En el caso de la CAA, el deterioro del ciclo hidrológico impacta la región hidrológica (RH18), que contiene catorce de sus quince ríos²³ con disponibilidad negativa o déficit (CONAGUA-SEMARNAT, 2016). El deterioro es resultado, como se mencionó, de los impactos de las numerosas interrelaciones que operan en el territorio.
- Ubicar soluciones a largo plazo, que se construyen con las de corto y mediano plazo.
- Reconocer que todos los actores sociales, aun con visiones heterogéneas e intereses contrapuestos, son necesarios: los consumidores del agua (campesinos, industriales, habitantes); los administradores (organismos operadores, instituciones, etc.); los que viven cerca de los ríos, entre otros.
- Incluir en la premisa: *todos ganan* los beneficios colectivos sobre las ganancias particulares.
- Practicar la transparencia en la toma de decisiones.
- Enfocar los esfuerzos en la capacidad y no solo en el problema porque este es sólo el síntoma de algo más grande en la CAA. Las acciones de política pública se han dedicado a aumentar la cobertura de saneamiento y dotación de agua potable para disminuir los déficits mediante obras de infraestructura para traer agua de más lejos y crear más plantas de tratamiento sin reducir contaminantes en los drenajes. Tampoco se ha optado por incorporar más agua al sistema mediante la captación de agua de lluvia; regeneración de áreas naturales de recarga; separación de aguas de lluvia y aguas servidas en los drenajes; reúso de aguas grises y tratadas en usos que no requieren agua potable. En la cuenca no se ha considerado fortalecer la capacidad del territorio hidrológico, sistema de soporte del río.
- Diseñar políticas de solución con base en lo que es necesario para coadyuvar a la regeneración de la cuenca y no de lo que políticamente sea más fácil, esté estipulado o sea más popular. El

²³ Los ríos con disponibilidad negativa o déficit: Alto Atoyac, Amacuzac, Tlapaneco, Nexapa, Mixteco, Bajo Atoyac, Cutzamala, Medio Balsas, Cupatitzio, Tacámbaro, Tepalcatepec, Paracho-Nahuatzen, Zirahuén, Río Libres Oriental. El río con disponibilidad es el Bajo Balsas.

diseño buscará reforzar la capacidad del sistema de tal forma que el problema se resuelva mediante la captación, cosecha y producción del agua, visto como la capacidad natural de una cuenca para retener, depurar y conducir agua a lo largo del territorio.

- Revisar la eficiencia de la infraestructura instalada y el uso de la energía que opera en el territorio. En el caso de las plantas de tratamiento localizadas a lo largo de la cuenca del río Atoyac es necesario garantizar su funcionamiento de acuerdo con los lineamientos federales vigentes.
- Incorporar modelos biológicos que remplacen los mecánicos. La Cuenca debe ser vista en su complejidad como un ser vivo al que se le extrae agua. Que no se entienda su funcionamiento y no se calcule su capacidad de carga provocará que, aunque llueva la cuenca no se reponga como lo hacía (Gutiérrez & Maderey, 2013). Las herramientas de manejo deberán basarse en la capacidad de carga de los ecosistemas. Asumir la visión de cuenca en el funcionamiento del territorio ayudará a revalorar y priorizar los recursos ambientales, situando su explotación en segundo lugar. Estar atento al contexto en que está integrado el territorio analizado permitirá diseñar mejores soluciones al problema para fortalecer la salud del sistema.
- Desarrollar capacidades y habilidades para regenerar la cuenca.
- Adoptar el desarrollo regenerativo en diferentes escalas con una buena solución local, prototipo, concepto o procedimiento, hasta escalas mayores regionales o nacionales.
- Integrar a los diversos actores sociales que operan en el territorio a un trabajo colectivo de largo aliento en la construcción de acciones en todos los ámbitos interrelacionados para lograr con el desarrollo regenerativo fortalecer la capacidad de carga de los ecosistemas.

Estos principios son el marco de referencia para ver en el problema una forma de regenerar una cuenca y los ecosistemas de contorno. Es un camino hacia el diseño, planeación y acción que resuelvan problemas de tal forma que no sólo se respete al territorio, sino que lo mejore favoreciendo a la vez el bienestar social (Gabel, 2015).

1. 3. Gobernanza-gestión hídrica

En este apartado se revisan diversos conceptos: gobernanza, gestión hídrica, gestión integral de los recursos hídricos, manejo de cuenca y cuenca hidrológica; así mismo, se incorpora la planeación y el ordenamiento territorial como herramienta de gestión con el fin de identificar las interrelaciones

entre los elementos que forman los sistemas y procesos físico-natural, político-institucional y el de la sociedad.

1. 3. 1. Gobernanza del agua

La *gobernanza* se ha planteado como un concepto novedoso en el intento de mitigar la crisis de las instituciones del Estado ante la pérdida de su papel rector en el desarrollo de la sociedad y en la regulación de la vida pública en un contexto de política neoliberal globalizada. Impone la necesidad de interactuar con nuevos actores públicos y privados, nacionales e internacionales. Esto lleva a cualificar la acción de un gobierno mediante el término gobernanza, refiriéndose a la acción, manera y efecto de gobernar cuyo objetivo es el logro de un desarrollo económico, social e institucional duradero promoviendo el equilibrio entre el Estado, la sociedad civil y el mercado de la economía, en el que la interacción y la relación con otros actores públicos y privados es importante (Launay, 2005).

No es un tema reciente, Pereira (2010) menciona que Aristóteles y Platón hablaban de gobernanza; su raíz etimológica proviene de la palabra latina *gubernare*, relacionada con el manejo de una nave y de los asuntos públicos. En el siglo XV, el rey francés Carlos de Orleáns utilizó *gouvernance* para describir el arte de gobernar (Launay, 2005). Un lustro antes de iniciar el siglo XIX Immanuel Kant, en la obra política *Sobre la paz perpetua*²⁴ propone la creación de una federación de estados soberanos fundada en la cooperación para darle gobernanza al sistema global y evitar las guerras²⁵ ante la naturaleza agresiva, individualista y egoísta, propia de la naturaleza humana (Pereira, 2010). El término *corporate governance* se utilizó en el año 1937 en estudios norteamericanos para definir el conjunto de técnicas de organización y gestión de una empresa privada, haciendo referencia a su eficiencia y rentabilidad (Launay, 2005).

El término gobernanza es resultado de la evolución de *governabilidad*, concepto acuñado por la ciencia política en la década de los años setenta, antesala del sistema económico capitalista denominado neoliberal, para definir lo que el Estado es y lo que debiera ser ante los signos de ingobernabilidad que padecían las democracias de países altamente industrializados provocada por

²⁴ Libro publicado en 1795.

²⁵ Los conflictos bélicos no han parado en el planeta, tan solo en la primera mitad del siglo XX las dos guerras mundiales, 1914-1918 y 1937-1945, evidencian la dificultad de llegar a acuerdos entre las naciones.

la sobrecarga económica y fiscal del Estado de bienestar para hacerle frente a demandas y necesidades sociales, según los resultados del informe sobre gobernabilidad de las democracias financiado por la Comisión Trilateral Internacional Privada, fundada en 1973 con el propósito de apoyar la cooperación entre América del Norte (Estados Unidos y Canadá), Europa y Japón, consideradas las tres regiones del mundo en donde se ubican los países más desarrollados (Díaz M, 2009).

Con la intención de solucionar la incapacidad de los gobiernos en el control eficaz de las estructuras políticas y económicas de los estados benefactores, la Comisión propuso el adelgazamiento del Estado, devolviéndole a la sociedad tareas y responsabilidades que hasta ese momento le correspondían a los poderes públicos. Esta propuesta se convirtió en uno de los preceptos de la economía política neoliberal y dio lugar al establecimiento de medidas regulatorias y de reforma del Estado para orientar a los gobiernos a recuperar su gobernabilidad y posibilitar un crecimiento estable y equitativo (Valdés, 2008).

Para el caso de América Latina, con el denominado Consenso de Washington se aplican restricciones en los siguientes rubros: a) disciplina presupuestaria, b) cambio en las prioridades del gasto público, c) reforma fiscal, d) tipos de interés, e) tipo de cambio, f) liberación comercial, g) política de apertura a la inversión extranjera directa, h) política de privatizaciones, i) política desreguladora y derechos de propiedad (Casilda, 2004).

El Banco Mundial (BM) es el protagonista en la reaparición del termino gobernanza en la esfera pública en 1989. Tras la caída del muro de Berlín la transformación del régimen soviético y los cambios políticos en los países de Oriente y Sur se redimensiona la preocupación política de la democracia ante un entorno de fracaso de las políticas de ajuste emanadas del BM. Se establecen las condiciones de ayuda al desarrollo financiadas por organismos internacionales, que mediante el cumplimiento de criterios de buena gobernanza emanados del Consenso de Washington evalúan la consolidación democrática de los países y la factibilidad de otorgar créditos de ajuste estructural provenientes de instituciones que representan al BM y al Fondo Monetario Internacional, fundadas en 1944, o a la Unión Europea (Launay, 2005).

En este marco la gobernanza se entiende como la manera en que en un país se ejerce el poder en la gestión de los recursos económicos y sociales para el desarrollo con un sistema de reglas

aceptadas como constitutivas de la legítima autoridad. La buena gobernanza es sinónimo de una buena gestión del desarrollo (World Bank, 1992).

El Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) confiere a la gobernanza cinco dimensiones: 1. Las instituciones. 2. La gestión del sector público y privado, así como sus deberes mutuos. 3. La descentralización y gobernanza local. 4. Las organizaciones de la sociedad civil. 5. La gobernanza en circunstancias particulares (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, 1997).

Existen diferentes conceptualizaciones de gobernanza que involucran relaciones políticas, económicas, sociales, ideológicas y culturales en las acciones que realizan sobre el territorio, así como las formas de participación y corresponsabilidad de los diversos actores involucrados. Los intereses políticos y económicos impuestos por el modelo neoliberal de gobernanza contribuyen a acentuar las asimetrías entre los sectores de la población, la segregación territorial y la exclusión en las decisiones sobre el manejo de los recursos. El entorno es complejo por la diversidad de interacciones económicas globales e instrumentos técnico-normativos, jurídicos y discursivos que operan en diferentes escalas, local, regional, estatal y nacional (Sousa, 2007).

Para entender el marco de gobernanza del territorio, específicamente del agua en México, es necesario referirse a los principales actores internacionales y nacionales involucrados, como lo menciona el Centro Mexicano de Derecho Ambiental (CEMDA, 2006):

Actores internacionales:

a) Consejo Mundial del Agua (CMA, World Water Council). En él se discuten los cambios en políticas de agua que se pretenden impulsar a escala mundial. Se encarga de promover los Foros Mundiales del Agua. Son miembros del CMA el Banco Mundial (BM), las transnacionales del agua, institutos de investigación, agencias gubernamentales, agencias de la ONU y organizaciones de la sociedad civil (OSC).

b) Organización de las Naciones Unidas (ONU). Está formada por agencias dedicadas a temas especializados, aunque ninguna se dedica específicamente al agua; cada agencia trata el asunto desde la óptica de su especialidad. No ha desempeñado un papel central en el escenario mundial para establecer políticas sobre el tema, sin embargo, ha participado con el Consejo Mundial del Agua, al que le ha conferido un papel rector en las discusiones y la agenda sobre el tema del agua.

c) Banco Mundial (BM). Su participación ha sido fundamental para entender el rumbo de los procesos de desarrollo en el mundo en las últimas décadas. Como se mencionó, el BM sólo otorga préstamos a los países miembros que instrumentan como acciones de política pública una serie de condiciones en las que predomina una visión neoliberal, de libre mercado, con características especialmente favorables para los inversionistas extranjeros y nacionales, que en el caso del agua ha significado promover la privatización o la participación privada.

d) Fondo Monetario Internacional (FMI). Es un organismo multilateral que otorga préstamos a los bancos centrales gubernamentales con políticas de financiamiento similares a las del BM.

e) Banco Interamericano de Desarrollo (BID). Institución regional que ha otorgado préstamos a México para diversos proyectos de agua y saneamiento. Una de sus funciones centrales es promover la inversión privada y otorgar préstamos directamente a los inversionistas privados para realizar proyectos en la región.

f) Global Water Partnership (GWP). Organismo creado por el BM, el PNUD y la Agencia Sueca para el Desarrollo Internacional como un espacio en el que los gobiernos, las agencias de desarrollo, la iniciativa privada y las asociaciones de profesionales puedan construir alianzas e intercambiar información. En este organismo no se incluye a la sociedad civil organizada.

Actores nacionales:

a) Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). Organismo desconcentrado de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) que administra, custodia, asigna y elabora políticas en la materia. Se ha dedicado a descentralizar y promover la privatización del agua.

b) Organismos operadores. Se encargan de proveer el servicio de agua en el nivel municipal, pueden ser organismos públicos a cargo del municipio o privados, o una combinación de participación pública-privada.

c) Asociación Nacional de Empresas de Agua y Saneamiento de México, A.C. (ANEAS). Esta asociación agrupa a los organismos operadores, su objetivo básico es apoyar para el mejoramiento del servicio y aumentar la profesionalización y autonomía de los organismos bajo el paradigma de convertir las entidades gubernamentales en empresas públicas y privadas.

d) Consejos de cuenca. Son órganos colegiados de integración mixta que brindan apoyo en temas de coordinación y concertación, consulta y asesoría. Su propósito es promover el manejo integral de las cuencas, la sustentabilidad y la participación local; intervienen en la gestión de

conflictos. A pesar de que se ha incluido una representación de usuarios y organizaciones ciudadanas del 50% sus atribuciones son limitadas. En la definición de usuarios se incluyen los organismos operadores, lo que ha generado cuestionamientos y controversias en cuanto a su composición y representatividad.

e) Organismos de cuenca. Órganos gubernamentales desconcentrados, paralelos a los Consejos de cuenca, cuyas decisiones finales competen a la autoridad del agua. Son responsables de la gestión y planeación del agua. Están formados con representantes de los órganos federales, estatales y municipales, no cuentan con sectores de usuarios ni organizaciones ciudadanas.

f) Consejo Consultivo del Agua, AC. Pese a que se autodefine como un organismo ciudadano, plural e independiente, con personalidad jurídica y administración propia, la designación de sus miembros se realiza entre ciudadanos que por su trayectoria empresarial, social o académica son convocados por el Ejecutivo federal. Este Consejo es incluido en actividades de la CONAGUA como muestra de participación social.

La polémica sobre la gobernanza en el agua en la región latinoamericana surge en el año 2001 por la crisis de gobernabilidad del vital líquido. Una década más tarde por los conflictos asociados al agua, la debilidad institucional del sector y el atraso en el cumplimiento de los Objetivos del Milenio surgen cuestionamientos en diversos foros regionales sobre el tema: ¿quiénes, cómo y cuándo toman las decisiones sobre los recursos hídricos? ¿Cómo tendría que diseñarse un esquema de buen gobierno a partir del análisis de los procesos y mecanismos de interacción entre los actores del Estado y de la sociedad, cuya forma de operar puede ser a través de estructuras formales e informales en todos los niveles de la sociedad? Se plantea la necesidad de mayor capacidad de decisión e influencia de los organismos de la sociedad civil (OSC) y de actores no gubernamentales (empresas y organismos financieros) en los asuntos públicos, desde la definición, la orientación e instrumentación de las políticas y los servicios públicos, así como nuevas formas de asociación y coordinación con el gobierno. La gobernanza del agua implica la gestión integrada de los recursos hídricos, la gestión por cuencas y el reconocimiento de formas de gestión tradicionales, comunitarias y asociativas para ámbitos locales, como los que se realizan en países y comunidades indígenas, basadas en la experiencia y la convivencia armónica con la naturaleza (Domínguez, 2012).

Sin embargo, el sistema de gobernanza instrumentado en el marco nacional e internacional, descrito párrafos arriba, establece limitantes importantes para la representatividad y participación

activa y corresponsable de la población, de manera que las decisiones las toman unos cuantos. Ante esta situación es necesario repensar la gobernanza:

- a) Dejando a un lado las prácticas discursivas sobre los intereses sociales para pasar a una construcción colectiva donde los actores sociales definan esos intereses, las formas y medios desde lo local.
- b) Democratizando las instituciones para devolver la autoridad de decisión a la población, lo que implica incorporar en la agenda política a instituciones participativas de nivel comunitario y a las redes, organizaciones, iniciativas y movimientos que operan en el territorio.
- c) Propiciando la participación, corresponsabilidad, cooperación, organización y coordinación entre los diversos usuarios del recurso en la planeación y el ordenamiento del territorio; en el diseño de instrumentos y en la toma de decisiones.
- d) Redistribuyendo los recursos políticos, culturales, simbólicos, sociales, ambientales y materiales, de manera que se puedan contrarrestar las asimetrías socio-territoriales con principios de igualdad y reconocimiento de la diferencia.
- e) Considerando que cada entorno social tiene sus propias características, por lo que no se pueden aplicar de manera homogénea fórmulas o recetas que funcionaron en otro entorno (Sousa, 2007).
- f) Reformando la legislación para alentar una verdadera participación ciudadana incluyente y corresponsable en la gestión del territorio (Caire, 2004); g) considerando la integridad de los flujos ambientales (Pereira, 2010).

Para lograr lo planteado se requiere voluntad política, reformar las instituciones del Estado y de la sociedad, más allá de los intereses económicos impuestos por el actual modelo individualista, extractivista y de desecho (Agua para todos, 2013) de los recursos en favor de unos cuantos y en detrimento de los ecosistemas, tarea de suyo compleja porque también están interactuando los paradigmas y las formas en que los diversos actores se relacionan con los recursos naturales.

La gobernanza del agua tendría que construirse de manera transversal en un marco de gobernanza del territorio en términos del desarrollo sustentable y regenerativo porque los procesos que interactúan en el deterioro de la Cuenca del Alto Atoyac forman parte de la misma complejidad socio-territorial que produce y reproduce de manera recursiva los desequilibrios en los ecosistemas, en este caso el hídrico. En el análisis es necesario tener presente que las maneras de hacer reglas y

de formar redes de actores varían en cada espacio, desde lo local hasta lo global, lo que derivará en análisis y propuestas de acción en escalas territoriales: comunitaria, local regional, estatal, metropolitano y nacional.

1. 3. 2. La gestión hídrica

La gestión del agua está ligada a la administración de este recurso; por su naturaleza es un asunto complejo que trasciende con mucho la necesidad de tratar de equilibrar la oferta con la demanda porque el problema del agua no es sólo de volúmenes, también es de calidad (Biswas, 1999).

La gestión del agua debe partir de:

- a) La unidad de ciclo hidrológico (aguas superficiales y aguas subterráneas).
- b) La provisión de servicios eficientes para hacer efectivo y universal el acceso al agua potable y saneamiento.
- c) La elaboración y aplicación de políticas efectivas, transversales, coordinadas, especialmente con las territoriales y con la acción subsidiaria de los gobiernos cuando sea posible (Sanz, 2012).

Sin embargo, tanto la oferta como la demanda del agua dependen de la manera en que la sociedad se organiza para su provisión y para otorgar licencias para su uso. Los marcos sociales y regulatorios, así como las tradiciones y el funcionamiento de los mercados tendrán su peso respectivo en la situación en cada región.

Para Dourojeanni (2013 b) una adecuada gestión del agua requiere de buena información tanto del medio natural como del económico y social y un buen control que haga cumplir los acuerdos y normas. Un manejo adecuado propiciará el uso racional de los recursos si se conoce el medio que será controlado; si se dispone de capacidad y conocimiento para intervenir, lo que implica disponer de sistemas de monitoreo; estudiar el entorno; conocer la biodiversidad; investigar el medio natural y los ecosistemas y los efectos que causan las intervenciones; disponer de información confiable con años de registro; conocer la evolución de la situación de los ecosistemas y el medio ambiente; conocer el efecto acumulación de las investigaciones y disponer para ello de capacidades para hacerlo.

En la fracción XXVIII del artículo 3º de la Ley de Aguas Nacionales se define la gestión del agua como:

El proceso apoyado en principios, políticas, normas, instrumentos, actos, derechos, bienes y responsabilidades, por medio del cual el Estado, los usuarios de agua y las organizaciones de la sociedad, promuevan e instrumenten, (1) el control y manejo del agua y las cuencas hidrológicas, (2) la regulación de la explotación, uso o aprovechamiento del agua y (3) la preservación y sustentabilidad de los recursos hídricos en cantidad y calidad, considerando los riesgos de fenómenos hidrometeorológicos extraordinarios y daños a ecosistemas. La gestión del agua comprende en su totalidad a la administración gubernamental del agua (SEGOB, 2004).

En el documento de posicionamiento sistematizado para el VI Foro Mundial del Agua, en cuanto a la situación de gobernanza para la GIRH, se identificó como una de las debilidades de gestión en Latinoamérica la escasa producción de información sistematizada de forma periódica que permita monitorear el estado de los recursos hídricos y así poder focalizar mejor las políticas de protección (Domínguez, 2012). En el caso de México existen estaciones meteorológicas que reportan niveles de precipitación; también se cuenta con sitios de monitoreo para determinar los niveles de calidad del agua con respecto a indicadores de la NOM 011 (SEGOB, 2015); otras que miden los niveles de contaminación permisibles, tales como DBO5 (demanda bioquímica de oxígeno), DQO (demanda química de oxígeno) y SST (sólidos sedimentados totales) y estaciones meteorológicas donde se mide la cantidad de lluvia y los cambios de temperatura (CONAGUA-SEMARNAT, 2016).

En el caso de la CAA, no hay un sistema de monitoreo con información confiable, periódica y homogénea entre los dos estados que forman la Cuenca que permita determinar el estado de los recursos hídricos y focalizar mejor las políticas para su protección. No hay información sistematizada que permita conocer de manera integral las interrelaciones entre el medio natural, el económico y el social; cada institución responsable de generar información de cada componente lo hace en momentos distintos, con metodologías o enfoques que responden a objetivos diversos de cada disciplina: la ecología en SEMARNAT, CONAGUA, CONABIO; el territorio en SEDATU, SEDESOL; lo social en CONAPO, INEGI. En el ámbito estatal las comisiones de agua en los estados de Puebla y Tlaxcala generan información de cobertura de agua y saneamiento, sin embargo, no hay un acuerdo entre las instituciones para generar datos para los diferentes niveles, desde el nacional

hasta el municipal (ATL, 2009). Esto impide conocer la evolución del deterioro o los impactos positivos por la aplicación de políticas públicas hídricas en la región.

1. 3. 3. *Los principios rectores de la gestión hídrica*

En las instancias internacionales se consensan principios rectores de la gestión hídrica para atender los principales problemas que se enfrentan en las cuencas. En la Conferencia Internacional sobre el Agua y el Medio Ambiente (CIAMA) en 1992 ya se hacía explícita la preocupación por la situación de los recursos hídricos porque la supervivencia de muchos millones de personas exige acciones inmediatas y eficaces. Como resultado de la CIAMA se expide la Declaración de Dublín, en ella se acuerda la necesidad de realizar acciones concertadas que permitan revertir los excesos en el consumo, la contaminación, las amenazas de las sequías y las inundaciones, considerando cuatro principios rectores:

Principio 1: *El agua dulce es un recurso finito y vulnerable, esencial para mantener la vida, el desarrollo y el medio ambiente.* Como el agua es reconocida como indispensable para la vida, la gestión eficaz del recurso requiere un enfoque integral, donde se establezca una relación entre el uso del suelo y el aprovechamiento del agua en toda la cuenca o un acuífero.

Principio 2: El aprovechamiento y la gestión del agua deben inspirarse en un planteamiento basado en la participación de los usuarios, los planificadores y los responsables de las decisiones para la protección de los recursos naturales en todos los niveles. Este principio pone en valor la participación de los responsables de las políticas y el público en general en la toma de decisiones a partir de tener una mayor conciencia de la importancia del agua. Las decisiones deberán tomarse desde el nivel más elemental a través de consultas públicas y con la participación de los usuarios en la planificación y ejecución de los proyectos sobre el agua.

Principio 3. *La mujer desempeña un papel importante en el abastecimiento, la gestión y la protección del agua.* Con base en esta premisa los programas deben incluir el enfoque de género o estar totalmente dirigidas a la mujer.

Principio 4: El agua tiene un valor económico en todos sus usos a los que se destina y debería ser reconocida como un bien económico. Siempre se debe priorizar el derecho a tener acceso al agua.

Reconocer el valor económico en todos los usos del agua evita desperdicios y fugas, además permite valorar todos los usos y a los usuarios de este recurso.

Con estos principios se reconoce la necesidad de una gestión integral de los recursos hídricos que sea eficaz, integral, participativa e incluyente. Se priorizan los derechos humanos de acceso al agua potable y a un medio ambiente saludable para uso y disfrute de los habitantes del territorio de una cuenca, Sin embargo la teoría no ha podido aterrizar en acciones concretas porque la complejidad del manejo de una cuenca obliga a orientar acciones integrales en diversas escalas: federal, estatal y local, en las instituciones de gobierno y con los actores del sector privado y social, que siguen objetivos a veces contradictorios a los intereses de cada grupo.

1. 3. 4. *Gestión integral de los recursos hídricos (GIRH)*

El enfoque de gestión integral de los recursos hídricos (GIRH) es el último paradigma mundial propuesto durante el II Foro Mundial del Agua (Sede para el Estudio de los Humedales Mediterráneos, 2000) por la Asociación Mundial del Agua (GWP por sus siglas en inglés); pretende ayudar a administrar y desarrollar los recursos hídricos en forma sostenible y equilibrada tomando en cuenta los procesos sociales, económicos y ambientales. Reconoce los diferentes grupos de interés que compiten entre sí, los sectores que usan y abusan del agua y las necesidades del medio ambiente. Este enfoque deja atrás la visión sectorial tradicional, integra la conservación como parte de la gestión y articula los objetivos de desarrollo sustentable con la gestión del agua. Es una visión compleja de la gestión hídrica.

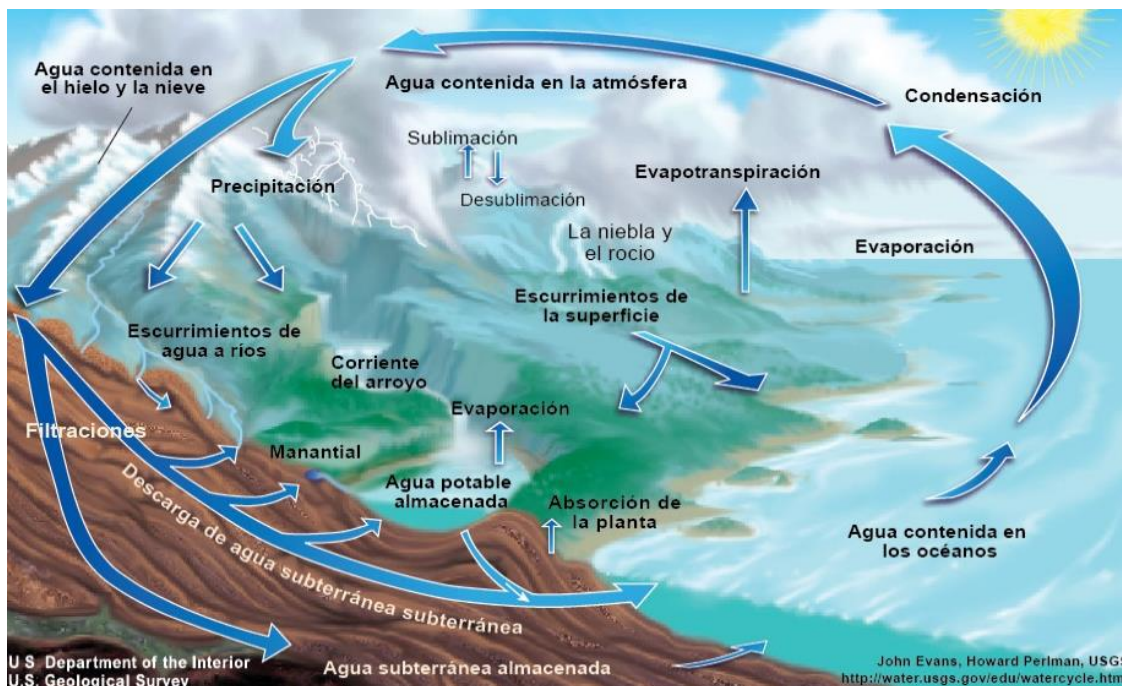
Este enfoque pretende la integración en dos categorías básicas (GWP, 2000, 23):

- El sistema natural, con su importancia para la calidad y la disponibilidad del recurso.
- El sistema humano, el cual determina fundamentalmente el uso del recurso, la producción de desechos y la contaminación del recurso, que también debe considerar las prioridades del desarrollo.

La integración de estos sistemas debe tomar en cuenta la variabilidad del agua en tiempo y espacio. En el sistema natural el manejo integral considera el recorrido del agua cosechada y regulada por una cuenca hidrológica desde la parte más alta hasta la desembocadura de los cauces y sus zonas de influencia, así como todas las intervenciones que se hacen en ella y que pudieran alterar de una

forma u otra la escorrentía del agua. Las variables que permiten medir sus condiciones incluyen la cantidad de agua producida, captada, desechada, su calidad y el tiempo de descarga²⁶ (Ver figura 4).

Ilustración 4 Ciclo hidrológico



Fuente: U.S Department of the Interior (USGS, 2016).

En relación con la integración del sistema humano, la GIRH considera fundamental convertir la gestión de los recursos hídricos en el foco de la política pública, garantizando que las políticas gubernamentales, la financiera y la planificación consideren los impactos en el uso del agua para influir en el sector privado y realizar elecciones tecnológicas, de producción y consumo basadas en la necesidad de conservar los recursos naturales, de solucionar conflictos por la asignación del recurso y facilitar la participación en la toma de decisiones. La integración transectorial en el desarrollo de una política nacional implica que el manejo de los recursos hídricos sea integrado a la política económica y a las políticas sectoriales (GWP, 2000).

²⁶ Conagua mide los siguientes componentes del ciclo hidrológico en México: precipitación: 1 449 471.24 hm³/año; escurrimiento natural medio superficial interno de 311 091.75 hm³/año; recarga media de acuíferos: 91 787.60 hm³/año; entradas por 48 380.82 hm³/año; escurrimiento natural medio superficial toral: 359 040.57 hm³/año; menos las salidas por extracción de 432.00 hm³/año y por evapotranspiración de 1 046 591.89 hm³/año resultan 450 828.17 hm³/año de agua renovable. (Conagua, 2017, www.sina.gob.mx).

La GIRH es un mecanismo probado en diferentes países, como Estados Unidos de América, Sudáfrica, China, Australia; en Europa en las cuencas del Rhin y el Danubio, y en México en la Cuenca Lerma-Chapala (Pegram et al., 2013). Se ha visto que permite coordinar a las diferentes agencias y las diferentes políticas, así como el desarrollo económico de las regiones minimizando los impactos adversos en el ambiente. En México la GIRH se contempla en la ley de Aguas Nacionales en el Artículo 3º, fracción XXIX, donde se define como un proceso que promueve la gestión y desarrollo coordinado del agua, la tierra, los recursos relacionados con ellos y el ambiente, con el fin de maximizar el bienestar social y económico equitativamente, sin comprometer la sustentabilidad de los ecosistemas vitales. Esta gestión está íntimamente vinculada con el desarrollo sustentable; el agua y el bosque se consideran primordiales (SEGOB, 2004).

En teoría este mecanismo permite ordenar y guiar los patrones de uso de suelo y de uso de los recursos naturales de tal manera que la sociedad pueda satisfacer su demanda de recursos sin detrimento de la calidad ambiental. La principal característica que debe cumplir la GIRH en las etapas de planeación, instrumentación, seguimiento y evaluación, es que su proceso sea:

a) *Integrativo*: reconoce las interdependencias entre los diferentes elementos del ecosistema, es decir, la hidrología, la ecología, la población y las diferentes actividades que se realizan en la cuenca; incorpora conocimientos de diferentes disciplinas, sean técnicas, hidrológicas, ecológicas y territoriales, con los conocimientos de la sociedad y emplea diferentes modelos para proponer las técnicas de manejo.

b) *Adaptativo*: reconoce que la sociedad es dinámica y que los enfoques de la sociedad y de los gobiernos estatal o federal van evolucionando. Este modelo debe ir cambiando y adecuándose a esas condiciones. En otras palabras, considera las características de la población actual y trata de ir manejándolas en el futuro. Uno de los componentes principales del enfoque adaptativo es el monitoreo porque continuamente se debe estar evaluando el éxito de las prácticas que se están proponiendo. De esta manera se puede valorar cuánto han impactado en el beneficio de la sociedad y cuánto han detenido el deterioro de los recursos. Obviamente, siempre se está generando nueva información, si es pertinente se deberá incorporar para mejorar los planes de manejo.

c) *Participativo*: propone nuevas formas de colaboración entre los diferentes actores sociales, porque considera los diversos puntos de vista de los grupos de usuarios de los recursos naturales (Cruz, 2003).

En resumen, GIRH es un proceso cuya finalidad es orientar las múltiples intervenciones sobre el agua como recurso con el objetivo de conciliar intereses ambientales, económicos y socio-territoriales; es resultado del surgimiento del paradigma del desarrollo sustentable en el escenario internacional desde hace más de dos décadas. Es un enfoque que evoluciona del modelo puramente economicista, que se conocía como uso múltiple del agua, cuyo fin principal era obtener el máximo beneficio económico de una obra u obras hidráulicas. El desarrollo regenerativo debe ser la base de las acciones sobre la CAA y su entorno. La complejidad de la GIRH se incrementa exponencialmente con el incremento de las intervenciones de múltiples actores en un mismo sistema hídrico.

1.3. 5. Manejo por cuenca

Manejo por cuenca es un concepto importante para lograr un desarrollo sustentable y regenerativo en el territorio. La cuenca como unidad de planeación ambiental se ha elegido en la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales por la importancia del agua como elemento vital interrelacionado con todos los demás recursos (bosque, suelo, fauna), ya que desde las partes altas hasta los ríos interacciona con otros elementos. Uno de los puntos críticos es la calidad, tanto para los ecosistemas como para el ser humano. Si se quiere tener agua de calidad es necesario manejar los demás recursos naturales, no sólo el agua (Cruz, 2003).

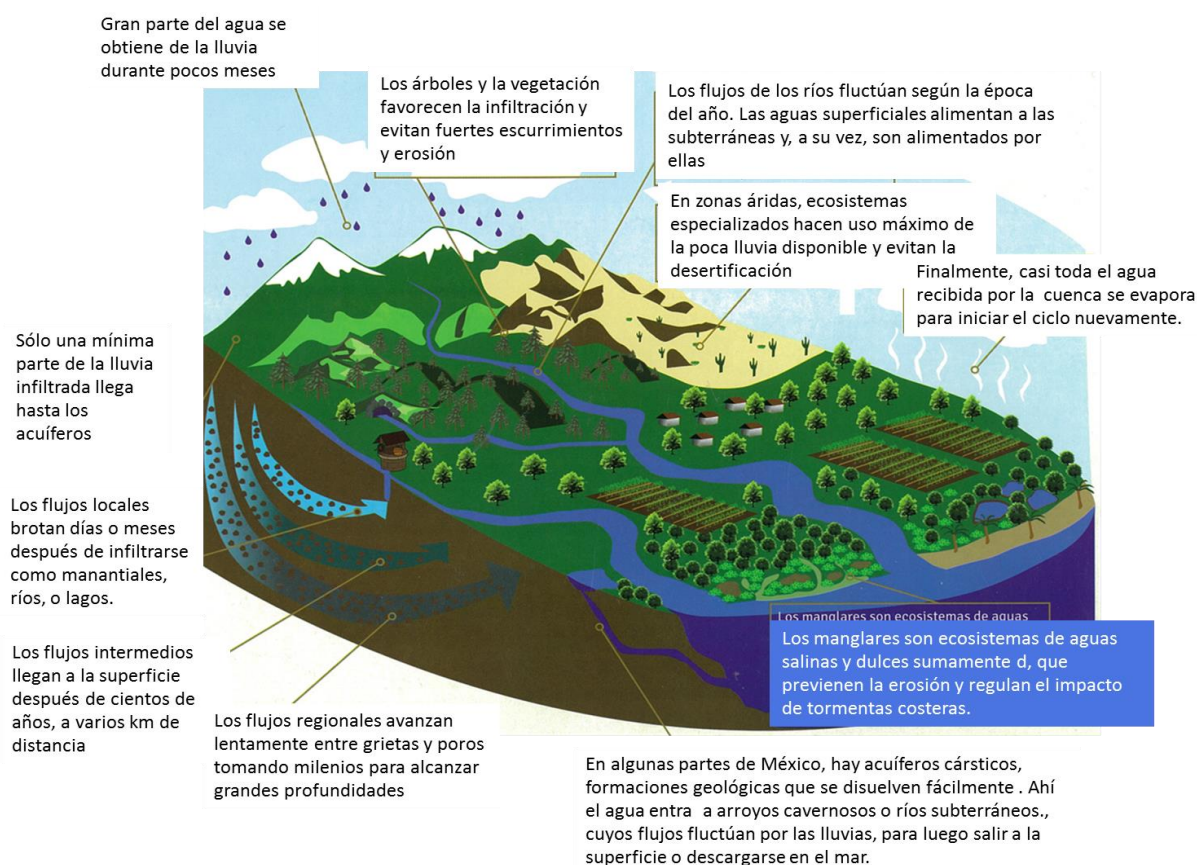
El manejo por cuencas es un proceso que se basa en la coordinación y orientación de las intervenciones que con diversos fines realizan múltiples actores dentro del territorio de una cuenca, con el fin de conciliar metas de crecimiento económico, equidad social y sustentabilidad ambiental en función de los límites impuestos por la naturaleza, en particular el agua. Lo que se gestiona es las intervenciones de los seres humanos, de tal forma que el efecto parcial y acumulado de las intervenciones en el medio delimitado por una cuenca no siga deteriorándola (Dourojeanni, 2013b). Esto implica el diseño, en la escala comunitaria, local, regional y metropolitana, de políticas públicas, instrumentos, estrategias y acciones territoriales transversales de planeación y ordenamiento territorial que consideren como base la capacidad de carga y el funcionamiento de la CAA, para evitar heterogeneidad en las decisiones y en las acciones sobre los usos del suelo y los recursos.

1. 3. 6. Cuenca hidrológica

La cuenca se define como “un área donde toda el agua de lluvia o de deshielo drena hacia un mismo punto, que puede ser un río, un lago, un acuífero o el mar. Sus límites están bien definidos por las

partes altas de las montañas” (Cruz, 2003: 7). Otra definición considera una cuenca “como el territorio dentro del cual confluyen aguas superficiales en interacción con las subterráneas” (Agua para todos, 2013: 2). La cuenca es una unidad del territorio donde se combina el subsistema hídrico que produce agua, junto con los subsistemas ecológico, social, político y económico, en donde todas las actividades humanas que se llevan al cabo repercuten sobre el recurso hídrico. En ella se producen bienes y servicios ambientales que son demandados por sus habitantes; es un sistema físico-natural que contiene al proceso del ciclo del agua (Ordoñez, 2011), según se observa en la Ilustración 5.

Ilustración 5 Esquematización de una cuenca



Fuente: Agua para todos, 2013.

La Ilustración 5, muestra la complejidad del sistema físico y biológico de la cuenca sin incluir el económico ni el social. Se aclaran las interrelaciones entre los elementos de vegetación, suelo, geología, recursos hídricos y clima en el proceso del ciclo corto del agua: se precipita, se almacena en los suelos, humedales y lagos; es utilizada y transpirada por plantas y animales; fluye por ríos y arroyos hasta el mar. Mientras tanto en el subsuelo los flujos subterráneos recorren largas distancias

entre fracturas y poros geológicos durante meses, años, incluso cientos y miles de años, o avanzan como ríos subterráneos. Así todas estas aguas, tanto superficiales como subterráneas, forman un complejo sistema hídrico-ambiental del cual depende el sistema económico y social.

Derivado de lo expuesto en párrafos anteriores la cuenca, vista como un sistema complejo, es un territorio donde:

1. *Existen entradas y salidas.* En el ciclo hidrológico es posible cuantificar la cantidad de agua que ingresa a través de la precipitación y otras formas, así como la cantidad que sale, por medio de su río principal en las desembocaduras o por el uso que adquiera el agua.
2. *Se producen interacciones entre sus elementos.* Por ejemplo, si se deforesta irracionalmente en la parte alta es posible que en épocas de lluvias se produzcan inundaciones en las partes bajas.
3. *Existen interrelaciones.* Por ejemplo, la degradación de un recurso como el agua está relacionado con la falta de educación ambiental; con la falta de aplicación de leyes; con la falta de una visión integradora de los procesos que ocurren en el territorio; con las políticas urbano-territoriales que privilegian la expansión de los asentamientos humanos sobre zonas de riqueza ambiental; con tecnologías inapropiadas.

Se integran los subsistemas siguientes:

Biológico: Flora, fauna y los ecosistemas.

Físico: Suelo, subsuelo, geología, recursos hídricos y clima (temperatura, radiación, evaporación, etc.).

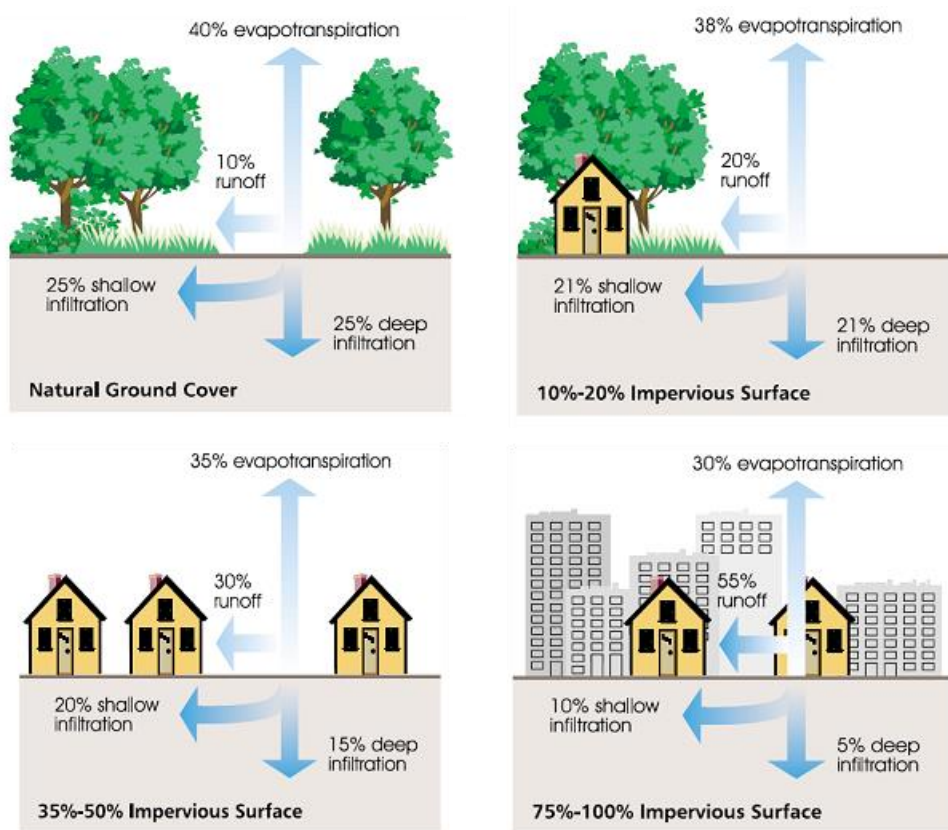
Económico: Todas las actividades productivas que realiza el hombre en agricultura, minería, ganadería, industria, servicios (camino, carreteras, energía, asentamientos y ciudades).

Social: Elementos demográficos, institucionales, de tenencia de la tierra, salud, educación, vivienda, culturales, organizacionales, políticos.

El agua es un recurso indispensable para el desarrollo de la civilización, sin embargo las actividades antropogénicas han provocado impactos sobre su ciclo. Por eso el mal manejo de las cuencas pone en riesgo la vida misma: por no cuidar las zonas que almacenan picos de lluvia hay

cada vez mayor vulnerabilidad a inundaciones; al contaminar las aguas pluviales y superficiales se recurre a la costosa práctica de extracción de aguas subterráneas causando hundimientos y grietas en las cuencas en el centro del país, en tanto en zonas de cavernas, cenotes y zonas costeras generan problemas fuertes de contaminación de aguas subterráneas (Agua para todos, 2013: 3).

Ilustración 6 Impacto del ser humano



Fuente: Gleason, 2017.

En la Ilustración 6, se ilustran los porcentajes que teóricamente se manejan como impacto de la urbanización en el ciclo del agua por la presencia de superficies impermeables. Se puede inferir que en el área con mayor densidad poblacional de la Zona Metropolitana Puebla-Tlaxcala casi la mitad de lo que llueve se va a los drenajes y se desperdicia la posibilidad de captarla para su uso e infiltración en el subsuelo. En las zonas naturales con menor porcentaje de superficie impermeable (máximo 20%) se da la infiltración superficial y profunda (Gleason, 2017).

Desde hace más de dos mil años en China se dio el primer intento estructurado para manejar el ciclo hidrológico como respuesta al reto del desarrollo y manejo de inundaciones, transporte e infraestructura de irrigación. Sin embargo el concepto de cuenca como unidad de manejo llega a establecerse a mitad del siglo XIX, en el contexto de control de inundaciones y navegación del este de los Estados Unidos de América y el incremento de la industrialización, que implicó la construcción de hidroeléctricas y el desarrollo de irrigación en Europa (Pegram et al., 2013).

Este planteamiento surge de la necesidad de manejar la naturaleza con obras de infraestructura a lo largo de los ríos con la premisa de que la planeación y administración del recurso agua pudiera ser el catalizador del desarrollo regional. A nivel mundial este tipo de acciones inician en el sur de Estados Unidos de América y en España entre los años 1920 y 1970. En sus inicios este enfoque se centra en la construcción de infraestructura hidráulica: construcción de presas para uso urbano, irrigación e hidroeléctricas (Pegram et al., 2013). En México la construcción de grandes presas inicia en 1946 con la creación de las comisiones de cuencas hidrológicas como una estrategia importante para el desarrollo del país mediante macroproyectos de aprovechamiento y transformación de los recursos hidráulicos. Sin embargo, esta estrategia generó mayores desigualdades socio-territoriales: concentración de habitantes en las ciudades principales de las regiones (Garza, 1986). Estas poblaciones sufren escasez porque el agua de la región que habitan es extraída y llevada a ciudades grandes; impactos irreversibles en lo biocultural por el daño a los ecosistemas y el desplazamiento de comunidades indígenas que al cambiarlas a entornos diferentes agravan su situación de marginación y pobreza (Martínez Y, Alberto, & Calmus, 2012). La poca vida útil de las presas, calculada entre 60 y 80 años, no justifica los altos costos ambientales y sociales que provocan (CEMDA, 2006).

Conclusiones capitulares

El deterioro de la CAA, es el resultado acumulado de los impactos de las actividades humanas sobre el territorio con una lógica extractivista y de desecho de los recursos naturales, no considera la capacidad de carga de los ecosistemas ni su dinámica natural. Son muchos los factores que intervienen en la transformación de un territorio determinado, entre ellos la expansión de los asentamientos humanos sobre suelos de alta riqueza ambiental; el crecimiento poblacional; los cambios en los usos de suelo; la sobreexplotación de fuentes de abastecimiento de agua; la contaminación de suelos y de corrientes superficiales y subterráneas por prácticas agrícolas con uso

de pesticidas; las descargas de residuos urbanos; las descargas industriales; los usos pecuarios y turísticos; la formas de gestión territorial parcializadas, con un enfoque unidisciplinario y enfocadas, por un lado, a intentar mitigar técnicamente sólo una porción del problema sin resolver las causas en sus múltiples dimensiones y, por la otra, en obtener las máximas ganancias en un entorno de política económica neoliberal que privilegia las acciones sobre el territorio en función de beneficios monetarios sin considerar el valor ambiental y social

Se podría seguir agregando causas del deterioro de la CAA, sin embargo, con fines operativos y para su análisis se agruparon en los ámbitos hídrico-natural, urbano-territorial y de la gestión hídrica, sin que esto implique su separación porque los procesos que operan en cada uno interactúan recursivamente en los otros. Por lo tanto, es necesario dejar de lado las visiones unidisciplinarias y adoptar la visión de cuenca con un enfoque regenerativo, integrativo y adaptativo en las formas de relacionarse con el territorio, incluida la planeación y el ordenamiento territorial. Por supuesto, los diversos actores sociales, con intereses diversos, incluso contrapuestos, juegan un papel importante en el deterioro del territorio y de la CAA.

Si realmente se quisiera regenerar la CAA, su manejo deberá hacerse en el marco de un sistema complejo, con políticas, estrategias y acciones transversales en los aspectos que interactúan en diversas escalas en su deterioro: económicos, políticos, ideológicos, ambientales, culturales, tecnológicos, legales, sociales y urbano-territoriales. Todo esto sustentado en una gobernanza que propicie la participación, corresponsabilidad, cooperación, organización y coordinación entre los diversos usuarios del recurso para que intervengan en la planeación y el ordenamiento del territorio; en el diseño de instrumentos y en la toma de decisiones desde el nivel comunitario, local, regional y nacional. Se trata de dejar a un lado los esquemas verticales en el destino del territorio y de la CAA, donde sólo toman las decisiones unos cuantos, por un esquema horizontal. En el manejo de la Cuenca es indispensable considerar los eventos hidrometereológicos extremos para prevenir situaciones de riesgo.

CAPÍTULO 2

Generación del problema: deterioro de la Cuenca del Alto Atoyac

Introducción

Del agua depende la supervivencia de los habitantes y la producción de las unidades económicas asentadas en la región. Sin embargo, la interrelación entre los diversos usuarios y los sectores de la economía, a veces antagónica, ejerce presión sobre los recursos hídricos por el crecimiento demográfico, el rápido proceso de urbanización y de industrialización, la expansión de la agricultura, el turismo y las condiciones de cambio climático que han venido deteriorando la Cuenca del Alto Atoyac (CAA).

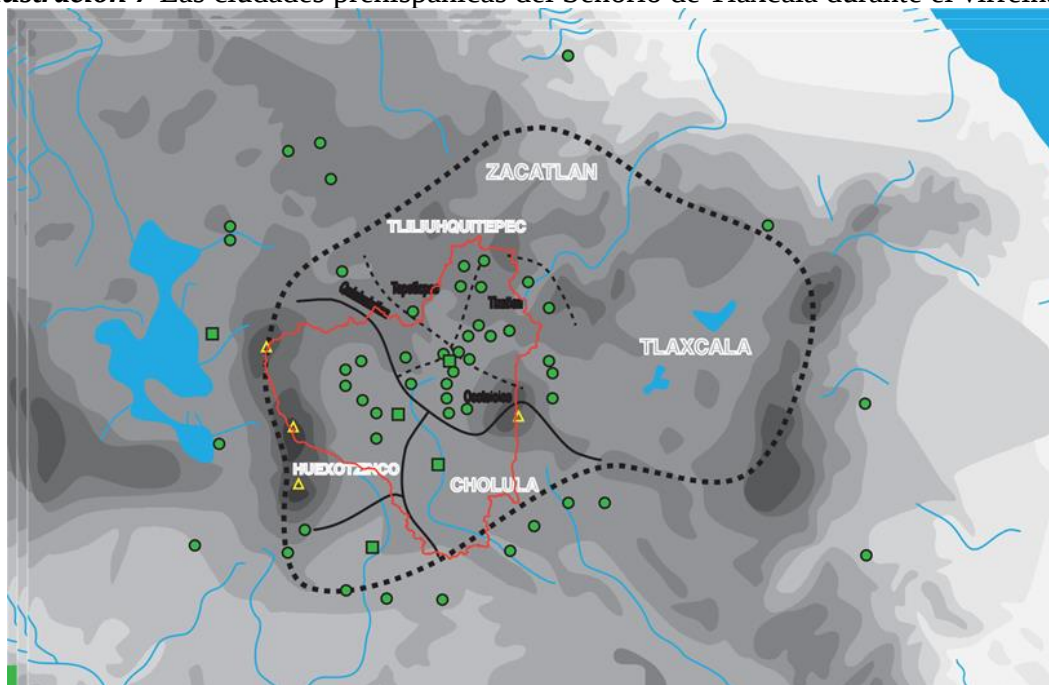
En este apartado se analiza la generación del problema mediante el análisis histórico de la urbanización, del uso general del agua en la región y de los modelos de gestión que persisten en el territorio. Los procesos que lo explican son las transformaciones en la Cuenca por cambios de uso del suelo; el crecimiento urbano; los niveles de demanda, desalojo y el grado de contaminación del agua; los procesos de planeación y de gestión que han generado la fragmentación del territorio y, como consecuencia, el desequilibrio del funcionamiento natural de la Cuenca.

2.1. Semblanza histórica del agua en la Cuenca del Alto Atoyac y su región hidrológica

La primera memoria colectiva de una civilización surge con su establecimiento, donde es clara la relación con el medio natural y el artificial. Spellman (2003) expresa el valor del agua en un territorio como un elemento que conecta al pasado con el presente, donde los valores del medio ambiente han cambiado.

En el caso de Zona Metropolitana Puebla Tlaxcala, donde se localiza la CAA, existen dos primeras memorias: la de los asentamientos prehispánicos y la de la conquista española en el siglo XVI. Los asentamientos prehispánicos eligieron este lugar por las condiciones ambientales que pudiera favorecer el desarrollo de sus ciudades, algunas de ellas sobre las ciudades indígenas existentes y otras de nueva fundación, como el caso de la ciudad de Puebla. Las ciudades del virreinato se sitúan en puntos estratégicos para controlar a los pueblos indígenas (Ilustración 7).

Ilustración 7 Las ciudades prehispánicas del Señorío de Tlaxcala durante el virreinato



Fuente: Estudio previo para la regeneración de la Cuenca del Río Atoyac, Secretaría de Sustentabilidad Ambiental y Ordenamiento Territorial (SSAOT) 2011.

El escenario histórico-geográfico del valle poblano-tlaxcalteca responde a su ubicación en el oriente del altiplano central mexicano; abarca un área aproximada de 10 000 Km² sobre un territorio formado por planicies con distinta altitud, circundadas por el relieve orográfico de los volcanes Iztaccíhuatl, Popocatepetl y Matlalcueye o Malinche, todos ellos localizados en la sección centro-occidental del Eje Neovolcánico.

Al norte del valle poblano-tlaxcalteca, en la sierra de Tlaxcala, nace la Cuenca Alta del Río Balsas (Alto Atoyac), que después de un sinuoso recorrido desemboca en la costa pacífica; es el tercer río en importancia entre los sistemas hidrológicos del territorio mexicano (González, 2009: 171).

Es importante reconocer que el valle poblano-tlaxcalteca ocupa una posición estratégica desde que inicia la conquista de lo que sería la Nueva España, territorio que estaba habitado por distintos grupos autóctonos que poseían un gran desarrollo cultural y donde la agricultura era el principal medio de subsistencia (Terán, 1996). La elección del lugar de las principales culturas mexicas que habitaban esta región respondía a la agricultura, lo que motivó que se asentaran en las proximidades de los principales cuerpos de agua natural y a lo largo de las riveras de los ríos Atoyac,

Zahuapan, Alseseca. Los ríos y las lluvias eran la única fuente de abastecimiento de agua en algunas partes de la Cuenca; las zonas inundables y pantanosas se ubicaban en la parte baja de la subcuenca Puebla-Tlaxcala, donde se unen los ríos Atoyac y Zahuapan (Galicia, 2014: 21-36).

En la época prehispánica, hacia el año 800 antes de nuestra era, aproximadamente el 60% de los habitantes de Tlaxcala dependía de los productos agrícolas. El control del agua para actividades humanas favoreció el desarrollo de distintas técnicas aplicadas a las actividades agrícolas que formaron parte de las transformaciones en la cultura de manejo del agua. Entre el 800 y 400, período inicial de la agricultura intensiva, abarcaba todo el bloque de Tlaxcala, cubría una superficie de 2 700 km²; en esta época se incrementa la construcción de jagüeyes, represas y diques (Tello et al., 2010).

Los españoles fundaron en el valle poblano-tlaxcalteca ciudades en lugares donde ya existían asentamientos humanos indígenas, como es el caso de Cholula, que tras la invasión española quedó en ruinas. Otras urbes se establecieron en las cercanías de zonas indígenas muy densamente pobladas con el objeto de concentrar a sus habitantes, como en el caso de Tlaxcala y Huejotzingo.

La ciudad de Puebla surge con el propósito de congregar inmigrantes españoles, esto le confirió un importante papel político y administrativo (Terán 1996). Para su emplazamiento se eligió una amplia zona dotada de tierras fértiles para la agricultura y llanos para ganado, surcada por tres ríos, San Francisco, Atoyac y Alseseca; poseía abundantes manantiales de agua dulce, algunos ojos de agua sulfurosa y contaba con canteras, suelos arcillosos y bosques que favorecían la obtención de materiales para la construcción. Este lugar era el centro de una región fronteriza entre los señoríos indígenas de Cholula, Tlaxcala, Cuautinchan, Totimehuacán y Tepeaca (Castro, 1990), además se hallaba en un sitio intermedio en la ruta que iba de México al Puerto de Veracruz, punto estratégico para el comercio y la actividad económica entre las dos poblaciones (Nolasco, 1981).

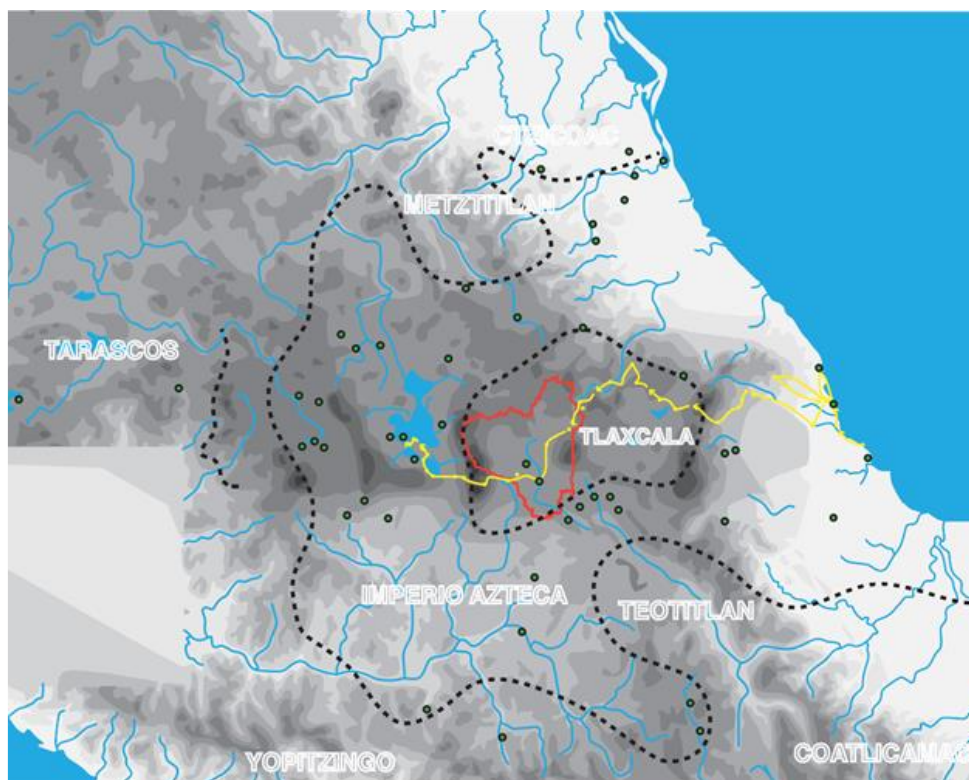
Las ciudades principales del valle poblano-tlaxcalteca se establecieron en territorios donde el sistema hídrico es parte medular para el desarrollo de la CAA, (Galicia, 2009). Las principales ciudades prehispánicas que formaban los señoríos de Tepeticpac, Ocotelulco, Tizatlán y Quiahuixtlán se consolidan en la zona central del estado, delimitada por los ríos Zahuapan y Atoyac, que proporcionan tierra fértil a todo el lugar. Las condiciones climáticas, topográficas y geológicas determinan que este valle funcione como una zona de descarga de flujos de agua subterránea y

superficial generando paisajes característicos de zonas pantanosas que se conservaron hasta la primera mitad del siglo XX en diversos lugares de las llanuras de Tecuexcomac y Nativitas (Galicia, 2014).

En la Figura 8 se ha resaltado en color amarillo la ruta de Cortés; claramente se observa el contexto natural de lo que sería la Cuenca antes de la construcción de la presa de Valsequillo²⁷ y de las ciudades. La posición estratégica de los principales asentamientos humanos del virreinato en esta región, como las ciudades de Tlaxcala y Puebla, permitió que fueran centros de control en alianza con el régimen colonial. Ambas ciudades estaban ubicadas en un gran valle fértil en la parte alta de una de las principales cuencas del país. El contexto natural tiene un papel importante como proveedor de agua para el desarrollo humano y económico. En importantes áreas de captación tanto en el norte como en el este y el oeste de la cuenca se encuentran los bosques.

Ilustración 8 Ruta de Cortés y el área de la CA: los señoríos prehispánicos

²⁷ También denominada “Manuel Ávila Camacho”. Con un espejo de agua de 2 800 has en la cota 2 059 msnm, está ubicada en el sur del municipio de Puebla; fue construida entre 1941 y 1946 para ser aprovechada en el Distrito de Riego 30 (Cedeño et al., 2009).



Fuente: Estudio previo para la regeneración de la Cuenca del río Atoyac (SSAOT, 2011b).

En la parte norte del estado de Tlaxcala nace el río Zahuapan, en Atlangatepec, cerro de las aguas hacia abajo. También era un punto importante en el sistema regional de las ciudades coloniales que conectaban la Ciudad de México con Veracruz. En las primeras etapas de la construcción de los asentamientos prehispánicos y coloniales los ríos constituían la principal fuente para la agricultura y los manantiales se utilizaban para uso humano. Por eso las haciendas, ranchos, templos y molinos se asentaron a lo largo de los ríos Zahuapan y Atoyac, que también reciben los escurrimientos de los cerros y volcanes favorecidos por las características topográficas de la Cuenca.

Esas ciudades se consolidan como resultado de la instalación de factorías industriales y por la red de comunicación entre la Ciudad de México y Veracruz. Los centros urbanos se transforman porque en ellos se desarrollaban importantes funciones económicas, políticas, religiosas y administrativas, lo que generó una economía favorable y como consecuencia aumento en la población de Puebla y Tlaxcala. A finales del siglo XVI, Puebla era la segunda ciudad de la Nueva España. Según Fray Juan de Villa Sánchez, religioso del convento de Santo Domingo, Puebla era

“La segunda ciudad del reyno de la Nueva España, segunda en dignidad, grandeza, extensión, opulencia de fábricas, número de vecinos, nobleza, letras, policía y en todo aquello que constituye el cuerpo de una ciudad y alma de una república” (Zerón, S/A). Los primeros registros confiables sobre el número de habitantes en la ciudad de Puebla reportan un aproximado de 50 366 habitantes en 1736 (Contreras, 2010); para el caso de la ciudad de Tlaxcala, en 1779 reportó 2 400 habitantes (Bustamante, 2007).

La relación entre el agua y desarrollo de los asentamientos del valle poblano-tlaxcalteca surge con los sistemas productivos de la región, con la agricultura, la industria y el abasto a las ciudades a través de una red de acueductos, baños y fuentes que se construyen en este período. El período colonial implicó cambios profundos en la relación hombre-naturaleza. Antes de la conquista la apropiación de la naturaleza dependió esencialmente de formas colectivas de organización social y del uso de herramientas rudimentarias. En contraste, la economía novohispana se sustentó en una división del trabajo más compleja y en el uso de herramientas y técnicas de cultivo más sofisticadas que produjeron importantes modificaciones del medio natural. El establecimiento de las nuevas ciudades demandó grandes cantidades de materiales de construcción (cantera y madera), con lo que se iniciaron procesos como la deforestación de bosques, erosión de suelos, transformación de la topografía, entre otros (Galicia E. , 2014).

2.2. Transformación territorial

2.2.1. *Período posrevolucionario: control del agua por el Estado mexicano*

Al finalizar la Revolución mexicana (1910-1921) se organiza el nuevo Estado posrevolucionario. Una de sus finalidades fue tecnificar la actividad agrícola en el país. Surgen así instituciones que contribuyen a realizar las metas modernizadoras del campo, entre las que se encuentran: Comisión Nacional Agraria, 1915; Secretaría de Agricultura y Fomento, 1917 (SAGARPA, 2015); Confederación Regional Obrera Mexicana, 1918 (STPS, 2016); Secretaría de Educación Pública, 1921; reinauguración de la Escuela Nacional de Agricultura, 1924 (Escalante, 2010) (Escalante, 2010); Banco de México, 1925 (Barcelata, 2008); Comisión Nacional de Caminos, 1925 (Bustamante, 2007); Comisión Nacional del Agua, 1925; expedición de la Ley Especial de Crédito Agrícola y creación del Banco Nacional de Crédito Agrícola, 1926 (Soto, Herrera, & García, 2007); Comisión Nacional de Irrigación, 1926 (ITAM, 1995).

Para tecnificar la agricultura también era necesario actuar sobre la tenencia de la tierra ejidal mediante diversos instrumentos jurídicos: Ley de la Reforma Agraria de 1915; Art. 27 de la Constitución de 1917 (Torres, 2012); Código Agrario de 1933 (González, 2009), además de la instrumentación de la legislación necesaria para controlar el agua destinada al riego, como la Ley Federal sobre Uso y Aprovechamiento de las Aguas Publicas, sujetas al dominio de la Federación (1917); la Ley sobre Irrigación con Aguas Federales de 1926 (Comisión Nacional de Irrigación); la Ley de Aguas de Propiedad Nacional de 1929 (Wionczek, 1982; Colmex, 2004).

En el caso del territorio de la CAA, entre los años 1940 y 1946 se establece el Distrito de Riego No. 56 Atoyac-Zahuapan, sobreponiéndolo a un sistema de irrigación prehispánico que funcionaba en la región, un sistema de control de agua a través de una amplia red de canales hechos a base de cemento cuya función fue expulsar el agua de las zonas de inundación de la planicie (Galicía, 2014: 34). En la década de los cuarenta inició un rápido proceso de alteración del medio natural en la subcuenca Puebla-Tlaxcala (planicie) que pertenece a la CAA. Cada lugar y pueblo de la planicie tienen diferentes impactos dependiendo de su ubicación con respecto a los sitios de descarga de flujos de agua subterránea y superficial. Se altera la dinámica hídrica entre agua superficial y subterránea y se produce el descenso del nivel freático, lo que se manifiesta en la disminución o desecación de pantanos que aún existieran y por la disminución del caudal de sus manantiales (Galicía, 2014: 34).

En este contexto, el Estado controla desde la escala federal el agua destinada a los fines de modernización e industrialización del suroeste de Tlaxcala (González, 2009). En el caso del Distrito de Riego 56 Atoyac-Zahuapan²⁸, el 19 de diciembre de 1947 fue entregado por la Secretaría de Agricultura y Ganadería a las Juntas de Agua de Puebla y Tlaxcala para su operación y administración por los siguientes trece años (Galicía, 2014: 35).

La regulación de las inundaciones y la protección de la agricultura eran algunos beneficios que se anunciaban para convencer a los agricultores de la región de la construcción de distritos de riego; la tecnificación de la agricultura era el principal motivo de gestión hídrica en la región. Sin

²⁸ Localizado en la parte occidente, centro y sureste del estado de Tlaxcala, comprende diez municipios, 29 localidades. Abarca una superficie de 6 004 ha, de las cuales 4 246 ha de riego estaban en poder de 8 890 productores y las 1 758 ha restantes estaban destinadas a drenaje agrícola. (Tello, Martínez, Sandré, & Xelhuantzi, 2010).

duda la condición anegadiza²⁹ de la subcuenca Atoyac-Zahuapan sustentó la instrumentación de los programas de riego para la región, lo que ha generado durante su historia una serie de cambios en el ambiente, la economía y el uso del suelo. La zona anegable pasa por períodos cíclicos de abandono y de ocupación humana: primero se convierte en pantano, después se utiliza para fines como la agricultura, la ganadería itinerante y estacional, y finalmente se practica su desecación y con ello su utilización para asentamientos poblacionales (González, 2009: 66).

La cuenca denominada Alto Atoyac está formada por dos grandes subcuencas o subregiones: Atlangatepec y Puebla-Tlaxcala. La primera se ubica al norte, en el estado de Tlaxcala; su red hidrográfica alimenta al río Zahuapan, la más importante corriente superficial y uno de los principales afluentes del río Atoyac. La subregión Puebla-Tlaxcala, como su nombre lo indica, comprende municipios de ambos estados y una pequeña extensión del Estado de México; su red hidrográfica es en extensión y volumen de agua la más importante de la Cuenca y el río Atoyac es su principal corriente superficial. A esta subregión la divide el denominado Bloque Tlaxcala (Galicia 2009: 28- 29).

De acuerdo con la división de subcuencas realizada por la Comisión Nacional del Agua la planicie del suroeste de Tlaxcala se ubica al este de la subcuenca del río Atoyac y al suroeste de la subcuenca del río Zahuapan. Esta última delimitación no fue tomada como base de análisis de esta parte del estudio porque su definición se sustenta únicamente en las formas de escurrimiento y distribución del agua superficial (cuencas superficiales), que no siempre coinciden con el funcionamiento de los sistemas de flujos de agua subterránea, aunque ambas sean componentes del mismo sistema general (Galicia, 2014: 21-22).

Independiente de las políticas con escala nacional las consecuencias en cada cuenca son diferentes. Las acciones en el Distrito de Riego No. 56 Atoyac-Zahuapan generaban excedentes para irrigación que serían colocados en las regiones aledañas. La construcción del citado distrito fue una obra estratégica para desviar el agua hacia la presa Valsequillo, ubicada en el estado de Puebla,

²⁹ Es decir, el hecho de que en el norte de la Cuenca se forme una región con un manto freático elevado, donde antiguamente existían una laguna y zonas pantanosas que fueron drenadas. El suroeste de la Cuenca está ubicado a menor altitud que el resto de la entidad tlaxcalteca y la zona anegable se encuentra en la sección más baja de la Cuenca, en la confluencia de los ríos Atoyac y Zahuapan.

dejando a los campesinos del suroeste de Tlaxcala sin el líquido que utilizaban en una agricultura de regadío (González, 2009).

En las Figuras 9ª y 9b, sobre las transformaciones del sistema hídrico de la planicie Puebla-Tlaxcala, se puede observar que en la época prehispánica existía una clara relación entre el agua superficial y subterránea a través de canales, chinampas y pozos someros. En la Figura 9ª se muestra una gran cantidad de canales de drenaje, lo que evidencia que era una zona de pantanos o lagos poco profundos. Los cronistas de la Colonia así lo reportan e incluyen también la presencia de manantiales termales y minerales que permanecieron desde la época prehispánica hasta el siglo XIX (Galicia, 2014). Las obras para control del agua en la zona dependían de la situación estacional y local, las actividades agrícolas se adaptaban a las condiciones de humedad del ecosistema sin alterarlo drásticamente para su aprovechamiento. Los pueblos se asentaban en la parte alta y las actividades agrícolas, así como la pesca, caza y el aprovechamiento de ciertas especies de vegetación, se ubicaban en las zonas inundables que se drenaban con un sistema llamado *canal*, que en náhuatl significa “casa junto al agua”. Esta situación prevaleció hasta el siglo XIX, cuando los hacendados de la región construyeron obras para controlar el agua con estructuras rígidas que no consideraban los flujos estacionales, lo que propiciaba inundaciones en las zonas pobladas o en los predios de cultivo de las haciendas. La organización y colaboración entre los hacendados generó transformaciones territoriales de nivel regional (Galicia, 2014).

El control del agua por los hacendados se mantuvo hasta el reparto agrario (1917), esto generó conflictos por el control del agua y el suelo, que mantuvo un sistema híbrido de producción en el cual coexistieron los camellones utilizados por las culturas prehispánicas, los sistemas aplicados por los hacendados y el nuevo sistema político-jurídico e ideológico de los ejidatarios.

A mediados del siglo XX, con la creación del Distrito de Riego 056 Atoyac-Zahuapan en 1947 inicia otra política administrativa y técnica para el control del agua: se construyeron canales de desagüe permanentes, lo que propició la desecación o disminución de los pantanos y el descenso de los mantos freáticos de la zona, alterando el medio ambiente natural³⁰ por los flujos de agua superficial y subterránea. Como consecuencia de esta transformación, en 1951 se realizan estudios

³⁰ Los principales efectos de esto fueron la pérdida de flora y fauna y, como consecuencia, las actividades productivas como la pesca y la elaboración de petates.

geohidrológicos para considerar la extracción subterránea para riego agrícola. Los estudios reportan que en la parte norte del Valle Puebla-Tlaxcala se mantiene un nivel del manto freático de 12 a 15 metros, mientras en el sur de la planicie, donde se reportaban pantanos en 1951, en 1973 los niveles son de 1 metro bajo el suelo (Figura 9b).

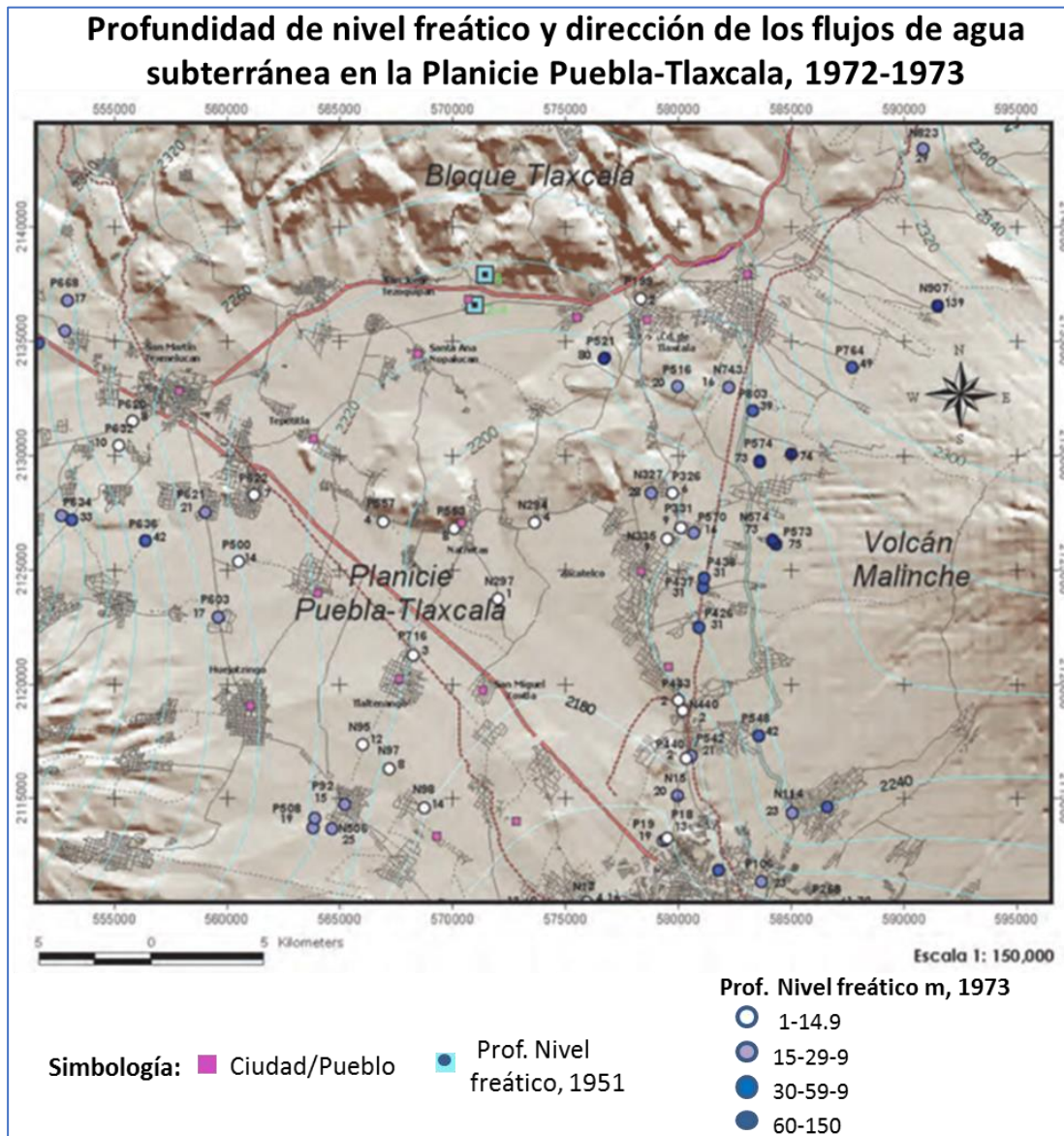
El estudio de 1973 hecho por Agroteología y la Secretaría de Recursos Hidráulicos en esta planicie reporta que a partir de la década de los sesenta se inicia la extracción de agua subterránea. Aunque se puede observar en la Figura 9, que los pozos en esta región fueron pocos, la disminución del nivel del manto freático en el sur de la planicie es indicio de la transformación en el sistema hídrico que generó el inicio de la perforación de pozos profundos en el Valle de Puebla-Tlaxcala, que se localiza en la CAA (Galicia, 2009).

Canales, lagunas, chinampas y manantiales termales en la planicie suroeste de Tlaxcala. Época prehispánica-siglo XIX



68

Ilustración 10 Profundidad de nivel freático y dirección de flujos de agua de la planicie Puebla-Tlaxcala hasta 1972-1973



Fuente: Territorio y sistema hídrico de la planicie del suroeste de Tlaxcala a través del tiempo (Galicia E. , 2014).

Durante la Colonia, en la CAA, en el valle de Texmelucan que colinda con la planicie, se trata de responder a la demanda de alimentos generada por las nuevas ciudades de la región. El valle se encuentra articulado a la zona montañosa o de laderas del Iztaccíhuatl y a la planicie (subcuenca Puebla-Tlaxcala), donde la oferta hídrica es mayor. Esta fue la razón por la que se solicitaron las

primeras y grandes mercedes tanto de tierra, a finales del siglo XVI, como de agua, durante las primeras décadas del siglo XVII, y en donde se establecieron las principales haciendas de la región.

Los repartimientos de agua en la época colonial constituían una forma de ordenamiento del recurso hídrico, ejecutados por un funcionario local (corregidor o alcalde mayor o el teniente de alcalde mayor) o virreinal (un juez u oidor encargado para tal efecto). Los usuarios o interesados en acceder a la repartición debían demostrar mediante título o concesión el derecho al agua en cuestión (Davison, 2014: 37). Los propietarios de las haciendas fueron quienes adquirieron las mercedes centrales o derechos primigenios con los que se fundó una nueva organización territorial a través de un dominio y control geográficamente estratégico sobre los recursos de la región, incluida el agua (Davison, 2014: 38). Ciertas estructuras políticas y socioeconómicas de los señoríos indígenas coexistieron con los ordenamientos de la Corona, lo que durante los siglos XVI y XVII evitó conflictos en la zona; no fue sino hasta el siglo XVIII que se registraron quejas y disputas por los recursos maderables y del monte por parte de los pueblos de la región (Davison, 2014: 40). Los pueblos indígenas atribuían un fuerte simbolismo a elementos de la naturaleza, consideraban a la montaña como un gran templo que cubría y proporcionaba las aguas. A las altas cimas de los volcanes y cerros de importancia los consideraban como depósitos de agua; cuando había en ellos manantiales que fluían de sus cuevas se pensaba que eran brazos de mar, cuya función era la irrigación del entorno natural donde surgía la vida (Loera, 2006).

La zona suroeste de Tlaxcala y el valle de Texmelucan tuvieron su mayor auge a partir de 1675³¹, lo que originó disputas y litigios entre los terratenientes por el control del agua y la gran red de usuarios, incluidos los pequeños productores; los pueblos de indios luchaban por el vital líquido en función de su supervivencia. Como una medida para coadyuvar a aminorar los conflictos surge la figura de los “guardianes del agua”, quienes participaban en el reparto del agua para dar mayor certidumbre y seguridad frente a los abusos de los hacendados de la región (Davison, 2014).

La historia de la gestión hídrica en esta zona también marca como hecho importante el reparto agrario como instrumento de justicia social inminentemente necesario, sin embargo las tierras no pertenecían a quienes la trabajaban, según el censo realizado en 1926 (Hernández, 2014, 80). El reparto agrario fue una nueva forma de arraigo a la tierra. Entre 1925 y 1928 la región del suroeste

³¹ Se reporta que el mayor porcentaje del diezmo del Obispado de Puebla entre 1675 y 1694 era de esta región, con un porcentaje anual de 40 a 50 por ciento con respecto al total (Davison, 2014, 51).

tlaxcalteca y San Martín era la principal productora de haba (74.8%), frijol (60.3%) y trigo (42.6 %) de la producción estatal (Velasco, 2014). La subcuenca San Martín se dedicaba principalmente a la agricultura sustentada por el sistema hídrico superficial y subterráneo. El 60% de la superficie de riego del total de la Cuenca se concentraba en los diez municipios que conforman la subcuenca mencionada (Velasco, 2014).

La actividad industrial ya había fundado fábricas textiles desde finales del siglo XVIII, aprovechando las aguas de los ríos Atoyac y Zahuapan. Se establecía la comunicación por ferrocarril hacia Puebla y la Ciudad de México y había disponibilidad de mano de obra residente en muchos pueblos cercanos. En 1950 se creó el corredor industrial Puebla-Tlaxcala, donde se instalan, además de la industria textil, la automotriz, de maquinaria, de alimentos, de bebidas y de productos químicos (Hernández, 2014: 83).

Por otro lado, durante el periodo de 1940 a 1950, hubo una evidente disminución en la producción de trigo de riego tanto en las propiedades privadas como ejidales en Tlaxcala. La baja competitividad de la producción de la región, las fuertes plagas y la desintegración de los mercados de trigo regionales provocaron estragos en su comercialización. Esto orilló a los agricultores a buscar productos alternativos o fuentes de ingreso diferentes (Velasco, 2014, 120). La conversión agrícola de trigo se dio hacia el cultivo de alfalfa, maíz, forraje y hortalizas. Las familias también optaron por la migración laboral a las ciudades de México, Puebla o hacia los Estados Unidos de América y Canadá (Velasco, 2014: 126).

En la década de 1950, también disminuyeron los caudales de ríos y manantiales que abastecían a la población y servían para el riego de tierras agrícolas³². Hay indicios de que la perforación de pozos profundos para la extracción de agua subterránea en la región inicia en la década de 1960, así comienza una nueva etapa en la transformación radical del ambiente natural de la Cuenca, específicamente del sistema hídrico del suroeste de la planicie de Puebla-Tlaxcala (Galicia, 2014, 36).

La disminución de los caudales de ríos y manantiales considera Trautmann (1981), puede ser la expresión de las transformaciones sucesivas de los ecosistemas que fueron sucediendo en el

territorio y su entorno. El agua y la tierra fueron fundamentales para la estructuración de una geografía de poder en la época colonial en el valle Puebla-Tlaxcala. Con la deforestación de bosques y áreas cubiertas con vegetación para la construcción de iglesias, templos y las ciudades de Puebla y Tlaxcala se provocó la erosión del suelo; ya desde el año 1560 el cabildo de Tlaxcala puso vigilantes para controlar la tala en los bosques de la Malinche. Durante el siglo XVII, el proceso de deforestación aumentó para ganar zonas cultivables; los bosques de los alrededores de Puebla desaparecieron después de la conquista y aumentó la presión sobre los localizados en territorio tlaxcalteca.

Durante los siguientes siglos la deforestación se mantuvo. La consecuente erosión, que de manera recursiva implica disminución de cubierta para la captación de agua, provocaba inundaciones con acumulación de material sedimentario y dificultad para que los acuíferos se recargasen de manera adecuada. Estas inundaciones no son fenómenos naturales sino una mezcla de fenómenos biológicos y antropogénicos, sin embargo, la imperiosa necesidad de controlar las “fuerzas de la naturaleza” (Velasco, 2014), pese a que las inundaciones no severas eran vistas incluso como benéficas para la actividad agrícola (González, 2009), motivó la transformación del paisaje lacustre con la desecación de pantanos, lagunas, humedales y manantiales en aras de la modernización. Esto provocó que en la década de 1970 los municipios con importantes centros urbanos³³ y zonas industriales experimentaran una rápida disminución de sus áreas de riego.

Una manera de solventar la obtención del vital líquido para uso urbano, industrial y de riego fue el consumo de agua subterránea proveniente de los pozos, práctica que ya desde la década de 1960 motivó la perforación masiva. El municipio de Puebla, por ejemplo, en 1930 tenía una superficie de riego mayor, 2 500 -5 000 ha., que, en 1970, 1 500 - 2 499 ha., y menor en 2005, 500-900 ha. (Galicia, 2013). Dentro de la subcuenca San Martín también varían las superficies de riego en algunos municipios, pero en general mantiene su importancia como la principal zona de riego en la CAA.

Ilustración 11 Ubicación de la subcuenca de San Martín Texmelucan en la CAA

³³ La ciudad de Puebla para el año 1970 tenía 401 603 habitantes y la de Tlaxcala 9 972 (INEGI, 1971).



Fuente: Galicia E. Cambios en los procesos de irrigación en las zonas de recarga y descarga de agua subterránea, Subcuenca de San Martín Texmelucán, Puebla, siglo XX, 2013.

2.2.2. Modernización de las ciudades: Puebla y Tlaxcala en la década de 1960

La posición estratégica de la ZMPT entre el puerto de Veracruz y la Ciudad de México la convierte en un territorio clave para el desarrollo regional e internacional. Las condiciones que favorecieron esta situación son, entre otras, la apertura de la compañía Cementos Atoyac en 1960, la planta automotriz Volkswagen en 1964, la planta de acero HYLSA en 1967 y la autopista México-Puebla, inaugurada en 1962, que funciona como un eje primario en el centro del país uniendo a las ciudades de México, Puebla y el Puerto de Veracruz³⁴ (OCDE, 2013).

³⁴ Punto de salida y entrada de los productos que se comercializan en la zona. Actualmente se está ampliando al doble de su capacidad, lo que permitirá incrementar la producción de autos hacia otras partes del mundo.

En la ZMTA, el eje más importante que comunica e integra el sistema de ciudades del estado de Tlaxcala es la carretera que une a la ciudad de Tlaxcala con la ciudad de Puebla al sur y al norte continúa uniendo a las ciudades de Apizaco y Tlaxco; se prolonga rumbo a Huachinango, Puebla, para entroncar posteriormente con la carretera México-Tuxpan (Flores G, 2004).

Sin duda la dinámica industrial a partir de la década de 1960 crea las condiciones económicas y políticas para el proceso de conurbación de la ciudad de Puebla con los municipios del sur del estado de Tlaxcala. Por otro lado, la Zona Metropolitana Tlaxcala-Apizaco ejerció como otro polo de desarrollo, ayudado por la localización de Apizaco³⁵, que desde el porfiriato fungió como el enlace ferroviario por el que pasa la línea México-Veracruz.

En cuanto al desarrollo de la infraestructura hidráulica, el abastecimiento de agua potable se centra en la explotación de agua subterránea. Los niveles de contaminación del río San Francisco, tienen como solución su entubamiento en 1961, porque las descargas de la industria incipiente del siglo XIX y principios del XX, se encontraban ubicadas a lo largo de los ríos urbanos, aunado a las inundaciones frecuentes en temporadas de lluvia, lo que generaba en la ciudad de Puebla condiciones insalubres por el desborde del río y la destrucción en casas.

Las industrias se reubican en los parques industriales construidos precisamente en la zona conurbada Puebla-Tlaxcala, donde se unen los afluentes del Zahuapan y el Atoyac en los límites administrativos entre estos dos estados. En este período la industrialización acelerada implica daños ambientales severos como la contaminación del río Zahuapan y del Atoyac en el valle de Tlaxcala-Puebla (González, 2009).

2.2.3. Expansión urbana

La urbanización de la Cuenca ha estado íntimamente ligada a acciones de política pública nacional con el modelo de desarrollo económico regional que fomentó el establecimiento de grandes empresas con una economía de base exportadora en las décadas de los años 1960, 1970 y 1980, para después destinarla a partir del sismo de 1985, sobre todo, a la zona metropolitana de Puebla, como una zona para la descentralización de actividades políticas, administrativas y de servicios. En la década del

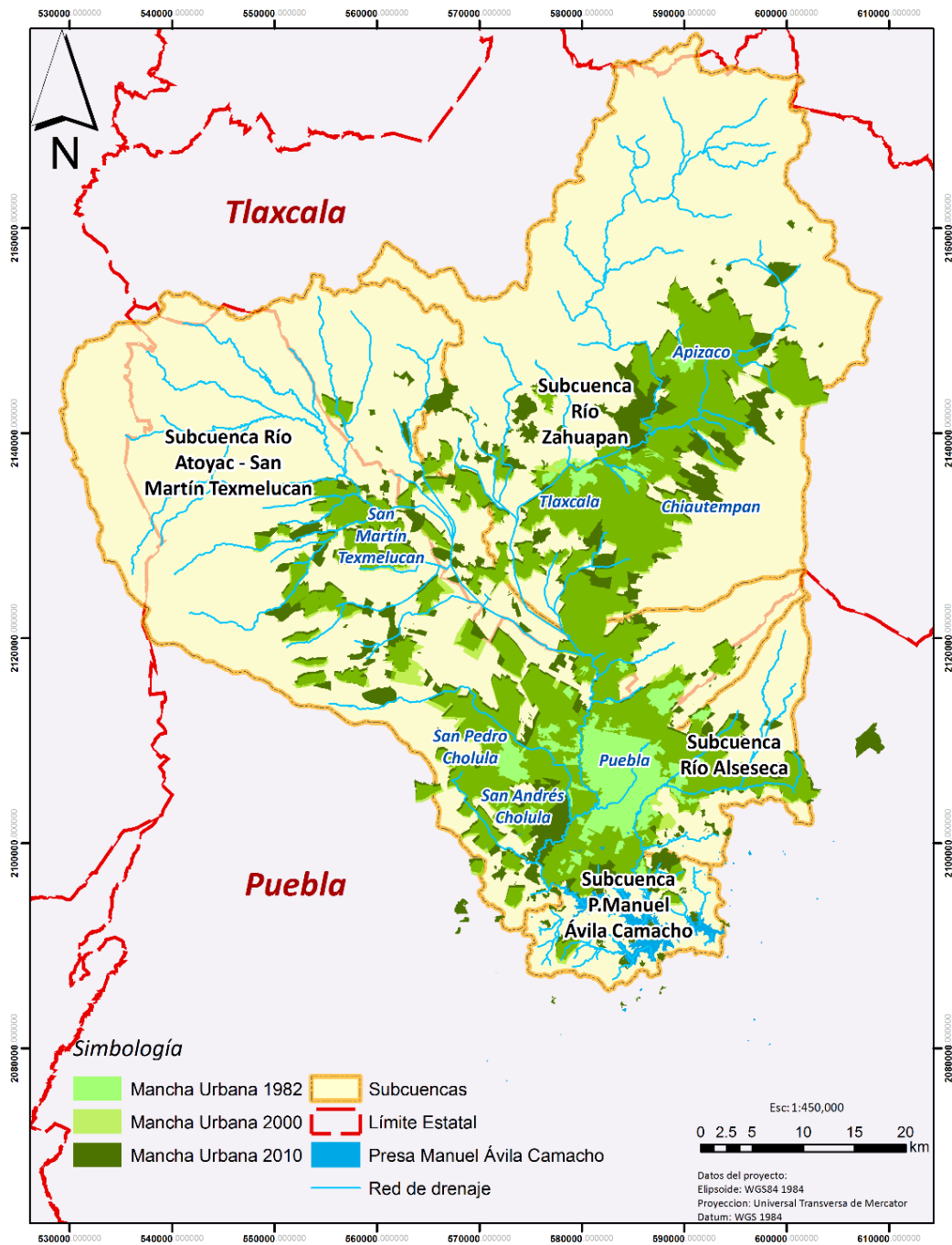
³⁵ Apizaco hasta 1980 era el centro urbano con mayor volumen de población.

2000 se ha constituido como un territorio con equipamiento educativo, cultural y comercial regional en el ámbito megalopolitano (Ramírez V, 2010), (Preciat & Vidrio, 2010).

Así mismo, los factores endógenos de los centros urbanos han favorecido la urbanización y la expansión de las urbes³⁶. Durante las tres últimas décadas el sistema urbano se ha ido consolidando en esta región; ha pasado del crecimiento de las localidades urbanas (ver Ilustración 12) a conformar una zona conurbada y a formar parte de las zonas metropolitanas Puebla-Tlaxcala y Tlaxcala-Apizaco.

³⁶ Condiciones tales como el capital humano calificado, el capital físico, la infraestructura, la concurrencia de servicios y la cercanía de mercados (OCDE, 2013: 65).

Ilustración 12 Crecimiento de localidades urbanas en la CAA, 1982-2010



Fuente: elaboración propia con datos de INEGI, 1980, 1990, 2000, 2010.

En la Ilustración 12 se puede observar la dinámica de la expansión urbana en la CAA en tres momentos diferentes: 1982, 2000 y 2010. También se representa el drenaje natural de la Cuenca,

que confluye en la parte central, área limítrofe entre Puebla y Tlaxcala, para terminar en la presa de Valsequillo. En 1982 la mancha urbana en la Cuenca muestra una clara diferenciación entre las áreas urbanas creciendo alrededor de la ciudad de Puebla al sur y el área de influencia de las ciudades de Tlaxcala y Apizaco al norte de la Cuenca. En el año 2000, la mancha urbana en la CAA responde ya a un proceso de conurbación entre los municipios de Puebla y Tlaxcala en dos ejes: 1) norte-sur y 2) centro-poniente, con un alto nivel de dispersión alrededor al poniente y sur de la Cuenca. Para el año 2010 se muestra ya una mayor concentración de los centros urbanos en el eje norte-sur y la dispersión continúa hacia el poniente.

La expansión de las zonas urbanas que forman la CAA fue de 4.07 veces entre 1982 y 2010; pasó de 198.45 km² a 530.77 km² en el año 2000 y a 807.20 km² en el 2010. El crecimiento de las zonas urbanas de Puebla y Tlaxcala se expresó de manera diferenciada porque en el caso de Puebla la mayor expansión se dio entre 1982 y 2000, con 3.34 veces, y en el caso de Tlaxcala en ese mismo período fue de 1.55 veces, con un crecimiento más marcado entre 2000-2010, 2.5 veces, alcanzando los 298.92 km² (ver Tabla No.1). Considerando que la Cuenca tiene una superficie de 4 001 km², las zonas urbanas de Puebla y Tlaxcala representan el 12.70% y el 7.47%, sumando en total el 20.17%, con 807.20 km².

Tabla 1 Crecimiento zonas urbanas en la CAA 1982-2010

Crecimiento zonas urbanas en la CAA-km²				1982-2000	1982-2010
Zonas Urbanas	1982	2000	2010	Veces	Veces
Puebla	124.73	416.66	508.27	3.34	4.07
Tlaxcala	73.72	114.12	298.92	1.55	4.05
Ambas	198.45	530.77	807.2	2.67	4.07

Fuente: Elaboración propia con datos de Cartas de uso de suelo, INEGI: 1980, 1990, 2000, 2010. Se consideraron localidades de más de 2 500 habitantes como urbanas.

Las dinámicas de crecimiento también están relacionadas con la funcionalidad de las ciudades en la estructura urbano-regional, con la ubicación geográfica en relación con otras zonas y con las actividades que ahí se desarrollen. La zona conurbada Puebla-Tlaxcala³⁷ forma parte de la

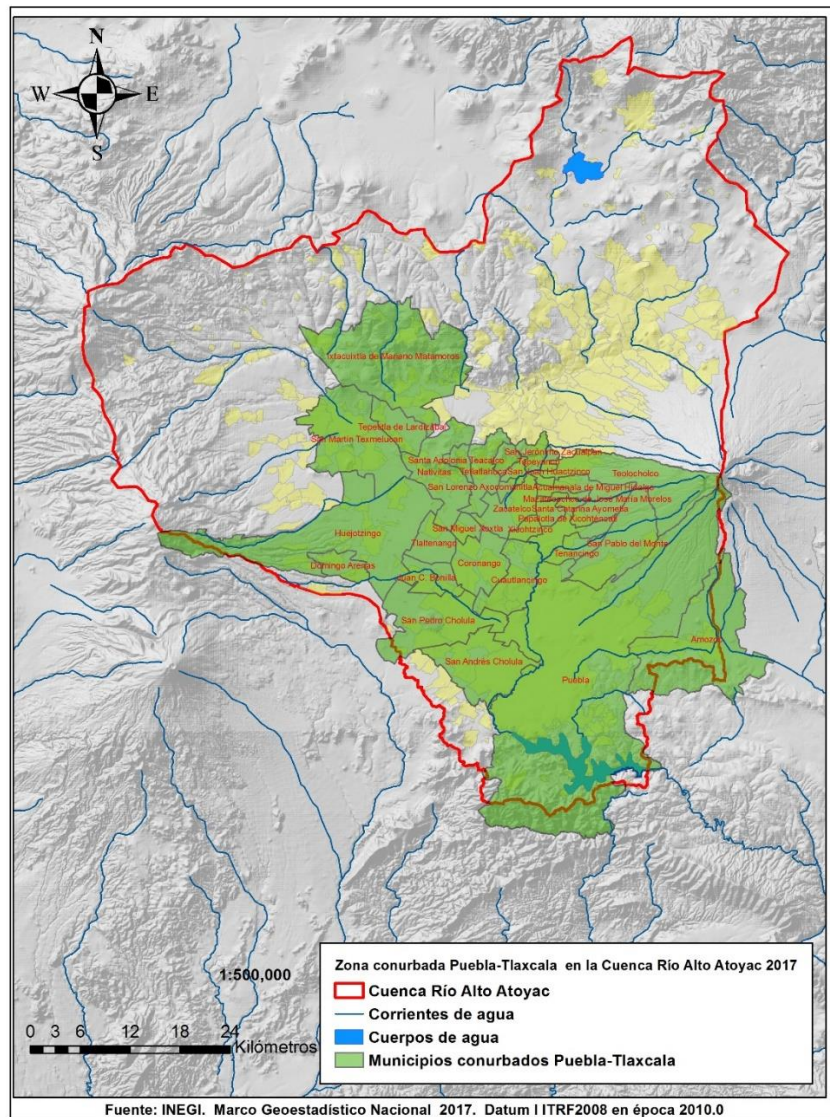
³⁷ La zona conurbada Puebla-Tlaxcala contaba en el año 2000 con 31 municipios, de ellos doce pertenecen al estado de Puebla y diecinueve al estado de Tlaxcala. El fenómeno de conurbación Puebla-Tlaxcala se reconoce oficialmente en el

denominada Región Centro-País (RCP), formada por los estados de Tlaxcala, Morelos, Hidalgo, Puebla, Distrito Federal y de México. Abarca el 2.13% de la superficie de la RCP y en el año 2000 su población, calculada en 2 120 999 habitantes, significaba el 6.7% del total, cifra superior a la de los estados de Tlaxcala (3.1%) y Morelos (4.1%). Contiene un importante sistema de enlace carretero intrarregional que aunado a su posición geográfica funciona como un área de articulación entre la región sur-sureste del país, así como del eje Golfo Pacífico (Vélez P, 2003) (ver Figura 12).

El papel que las ciudades tienen en la estructura urbano-regional ha motivado su expansión. En la zona conurbada Puebla ha mantenido la función monocentrista, especializándose en actividades del sector terciario junto con San Andrés Cholula, apoyada por el corredor de conurbación de Zacatelco. Los municipios especializados en actividades industriales son San Pablo del Monte y Teolocho (Sánchez M, 2003). La acelerada industrialización de la región, la creciente participación del sector terciario, así como el crecimiento natural y migratorio se consideran factores por los que se incrementa la población urbana (Flores G, 2004).

año 1976, tras la promulgación de la Ley General de Asentamientos Humanos. Se denomina conurbación a la continuidad física y demográfica que formen o tiendan a formar dos o más centros de población (SEDESOL-CONAPO-INEGI, 2010).

Ilustración 13 Zona Conurbada Puebla-Tlaxcala



Fuente: elaboración propia con datos de INEGI, 2017

En el período 1970-2010 el crecimiento de población, de 845 061 a 2 707 929 habitantes, significó que la cantidad de habitantes aumentara 3.20 veces en cuatro décadas. En relación con el periodo 1980-2010 el aumento fue de 2.11 veces (ver Tabla 2 y 3), cifra menor a las 4.07 veces que se extendió la mancha urbana reportada para el mismo periodo. Esto es indicativo de una ocupación con baja densidad de habitantes por hectárea; en el año 2000 la densidad promedio fue de 1 135 hab/km² y para el 2005 de 1 270 hab/km², lo que implica mayor consumo de suelo para uso urbano.

Tabla 2 Crecimiento poblacional zona conurbada, 1970-2010: número de habitantes

Crecimiento de la Población Municipios de la zona conurbada Puebla-Tlaxcala.						
Estado y Municipios	Población					
	1970	1980	1990	1995	2000	2010
Puebla (Estado)	2,508,226	3,347,685	4,126,101	4,624,239	5,076,686	5,863,823
Amozoc	14,184	23,406	35,738	54,717	64,315	100,964
Coronango	11,526	15,627	20,576	25,149	27,575	34,596
Cuautlancingo	11,452	18,768	29,047	39,509	46,729	112,225
Domingo Arenas	2,750	3,849	4,438	4,999	5,581	7,421
Huejotzingo	22,303	31,997	41,792	47,308	50,868	73,771
Juan C. Bonilla	7,017	10,399	11,495	13,824	14,483	18,540
Puebla	532,744	835,759	1,057,454	1,222,177	1,346,916	1,576,259
San Andrés Cholula	19,221	26,032	37,788	45,816	56,066	137,290
San Martín Texmelucan	52,198	79,504	94,471	111,664	121,071	152,051
San Miguel Xoxtla	3,108	6,272	7,478	8,589	9,350	11,598
San Pedro Cholula	36,226	57,498	78,177	89,797	99,794	129,132
Tlaltenango	2,771	3,674	4,338	5,081	5,370	6,269
Tlaxcala (Estado)	420,638	556,597	761,277	883,630	962,646	1,169,936
Acuamanala de Miguel Hidalgo ¹ (Santa Cruz Quilehtla)	3,830	5,463	6,989	4,257 4,572	4,357 4,883	5,711 6,296
Ixtacuixtla de Mariano Matamoros ² (Santa Ana Nopalucan)	18,114	20,592	30,663	28,794 5,302	30,301 5,851	35,162 6,857
Mazatecochco de José Ma. Morelos	4,235	5,171	6,320	7,407	8,357	9,740
Nativitas ³ (Santa Apolonia Teacalco)	14,096	16,912	21,485	20,245 3,707	21,020 3,676	23,621 4,349
Papalotla de Xicohtencatl	8,806	12,201	17,222	19,828	22,288	26,997
San Pablo del Monte	20,198	29,908	40,917	48,988	54,387	69,615
Tenancingo	7,353	8,552	13,693	15,846	17,067	11,763
Teolocholco	5,734	6,727	9,749	9,597	10,142	21,671
Tepetitla de Lardizábal	6,052	8,614	11,235	12,769	14,313	18,725
Tepeyanco ⁴ (San Juan Huactzinco) (Santa Isabel Xiloxoxtla)	7,353	8,552	16,942	8,672 5,510 3,395	9,006 5,547 3,184	11,048 6,821 4,436
Tetlatlahuca ⁵ (San Damián Texoloc) (San Jerónimo Zacualpan)	9,096	11,311	15,801	10,230 4,102 3,196	10,803 4,360 3,234	12,410 5,064 3,581
Xicotzinco	5,202	7,673	8,563	9,486	10,226	12,255
Zacatelco ⁶ (San Lorenzo Axocomanitla) (Santa Catarina Ayometla)	19,492	27,162	36,650	30,580 4,266 6,998	31,915 4,368 6,997	38,654 5,045 7,992
SUBTOTAL PUEBLA	715,500	1,112,785	1,422,792	1,668,630	1,848,118	2,360,116
SUBTOTAL TLAXCALA	129,561	168,838	236,229	267,747	286,282	347,813
TOTAL	845,061	1,281,623	1,659,021	1,936,377	2,134,400	2,707,929

1 En 1995 este municipio se dividió para dar lugar al municipio de Santa Cruz Quilehtla.

2 En 1995 este municipio se dividió para dar lugar al municipio de Santa Ana Nopalucan

3 En 1995 este municipio se dividió para dar lugar al municipio de Santa Apolonia Teacalco

4 En 1995 este municipio se dividió para dar lugar a los municipios de San Juan Huactzinco y Santa Isabel Xiloxoxtla.

5 En 1995 este municipio se dividió para dar lugar a los mpios.: San Jerónimo Zacualpan y San Damián Texoloc.

6 En 1995 este municipio se dividió para dar lugar a los mpios.: Sta Catarina Ayometla y San Lorenzo Axocomanitla.

Fuentes: Secretaría de Industria y Comercio, Dirección General de Estadística, IX Censo General de Población 1970.

Secretaría de Programación y Presupuesto, INEGI, X Censo General de Población y Vivienda 1980.

INEGI, Censos de Población y Vivienda 1990,2000 y 2010.

En las tablas 2 y 3 puede apreciarse que los municipios colindantes con Puebla, ciudad central de la ZMPT, experimentaron un crecimiento mayor: Amozoc, Cuautlancingo y San Andrés Cholula, estos dos últimos son los que presentan un aumento de 3.49 y 3.12 veces en el período 2000-2010; una de las razones es la ocupación de suelo para la construcción masiva de vivienda y equipamientos

regionales en esas zonas. Ya en el año 2005 se reconoce que en el municipio de Puebla se ha agotado el suelo en el poniente, nor-orienté y nor-poniente (H. Ayuntamiento de Puebla, 2016).

Tabla 3 Crecimiento poblacional de la zona conurbada, 1970-2010: tasa de crecimiento

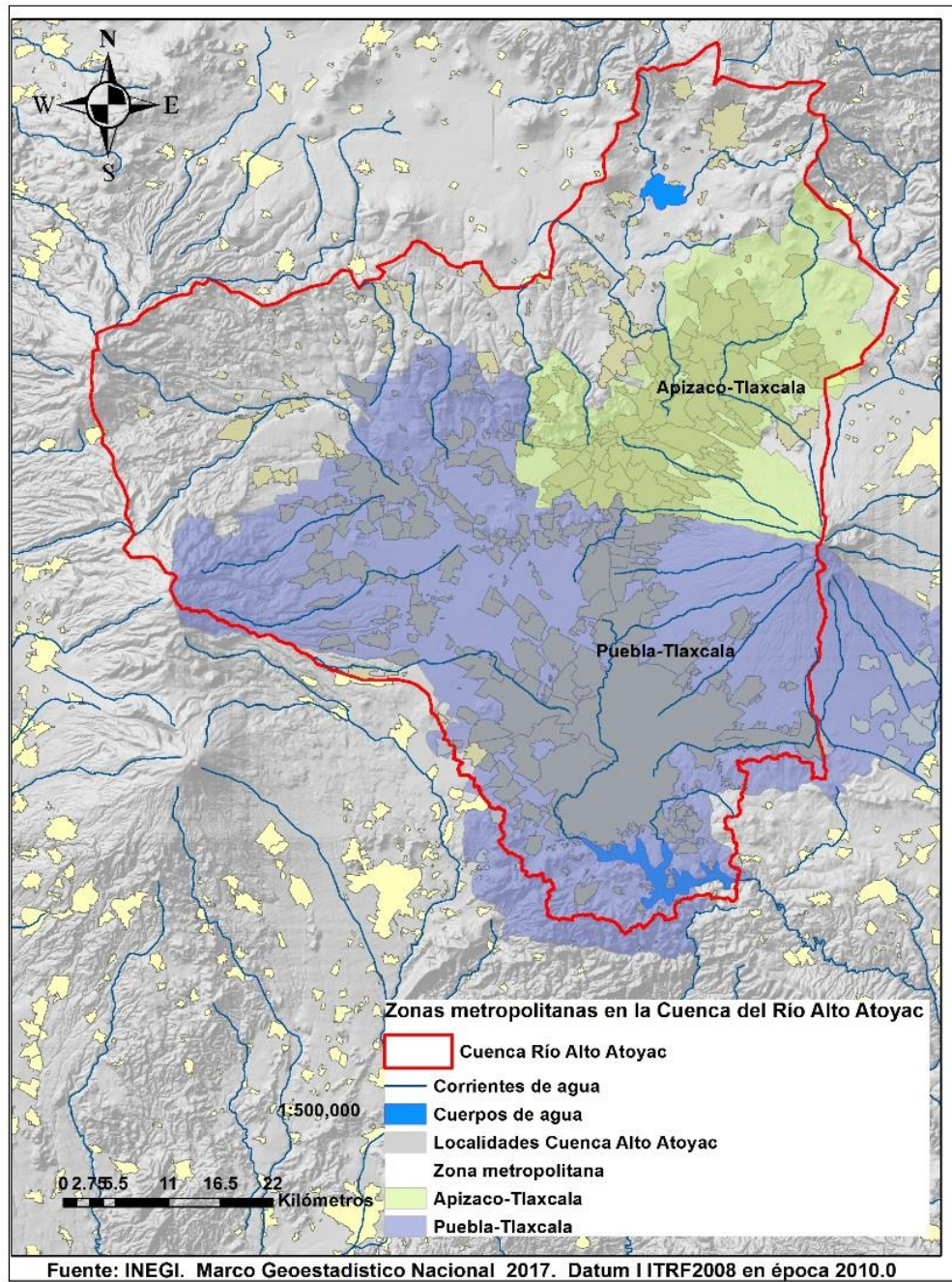
Crecimiento de la Población Municipios de la zona conurbada Puebla-Tlaxcala.				
Estado y Municipios	1970-1980	1980-1990	1980-2000	1980-2010
Puebla (Estado)	1.33	1.23	1.52	1.75
Amozoc	1.65	1.53	2.75	4.31
Coronango	1.36	1.32	1.76	2.21
Cuautlancingo	1.64	1.55	2.49	5.98
Domingo Arenas	1.40	1.15	1.45	1.93
Huejotzingo	1.43	1.31	1.59	2.31
Juan C. Bonilla	1.48	1.11	1.39	1.78
Puebla	1.57	1.27	1.61	1.89
San Andrés Cholula	1.35	1.45	2.15	5.27
San Martín Texmelucan	1.52	1.19	1.52	1.91
San Miguel Xoxtla	2.02	1.19	1.49	1.85
San Pedro Cholula	1.59	1.36	1.74	2.25
Tlaltenango	1.33	1.18	1.46	1.71
Tlaxcala (Estado)	1.32	1.37	1.73	2.10
Acuamanala de Miguel Hidalgo ¹ (Santa Cruz Quilehtla)	1.43	1.28	0.80	1.05
Ixtacuixtla de Mariano Matamoros ² (Santa Ana Nopaluca)	1.14	1.49	1.47	1.71
Mazatecochco de José Ma. Morelos	1.22	1.22	1.62	1.88
Nativitas ³ (Santa Apolonia Teacalco)	1.20	1.27	1.24	1.40
Papalotla de Xicohténcatl	1.39	1.41	1.83	2.21
San Pablo del Monte	1.48	1.37	1.82	2.33
Tenancingo	1.16	1.60	2.00	1.38
Teolocholco	1.17	1.45	1.51	3.22
Tepetitla de Lardizábal	1.42	1.30	1.66	2.17
Tepeyanco ⁴ (San Juan Huactzinco) (Santa Isabel Xiloxoxtla)	1.16	1.98	1.05	1.29
Tetlatlahuca ⁵ (San Damián Texoloc) (San Jerónimo Zacualpan)	1.24	1.40	0.96	1.10
Xicotzinco	1.48	1.12	1.33	1.60
Zacatelco ⁶ (San Lorenzo Axocomanitla) (Santa Catarina Ayometla)	1.39	1.35	1.17	1.42
SUBTOTAL PUEBLA	1.56	1.28	1.66	2.12
SUBTOTAL TLAXCALA	1.30	1.40	1.70	2.06
TOTAL	1.52	1.29	1.67	2.11

Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI, Censos de Población y Vivienda 1980, 1990, 2000 y 2010

La paulatina expansión urbana, la alta concentración de población en la ciudades de Puebla y Tlaxcala, las articulaciones funcionales que se dan entre las localidades de diversos municipios y entre ciudades que pertenecen a otros estados, así como la importancia de la zona en las políticas públicas federales abonaron a la formación de dos zonas metropolitanas en la CAA, la Zona Metropolitana Puebla-Tlaxcala y la Apizaco-Tlaxcala, las dos fueron definidas a partir de una conurbación intermunicipal y estatal. La ZMPT contiene 39 municipios, de los cuales 27 se

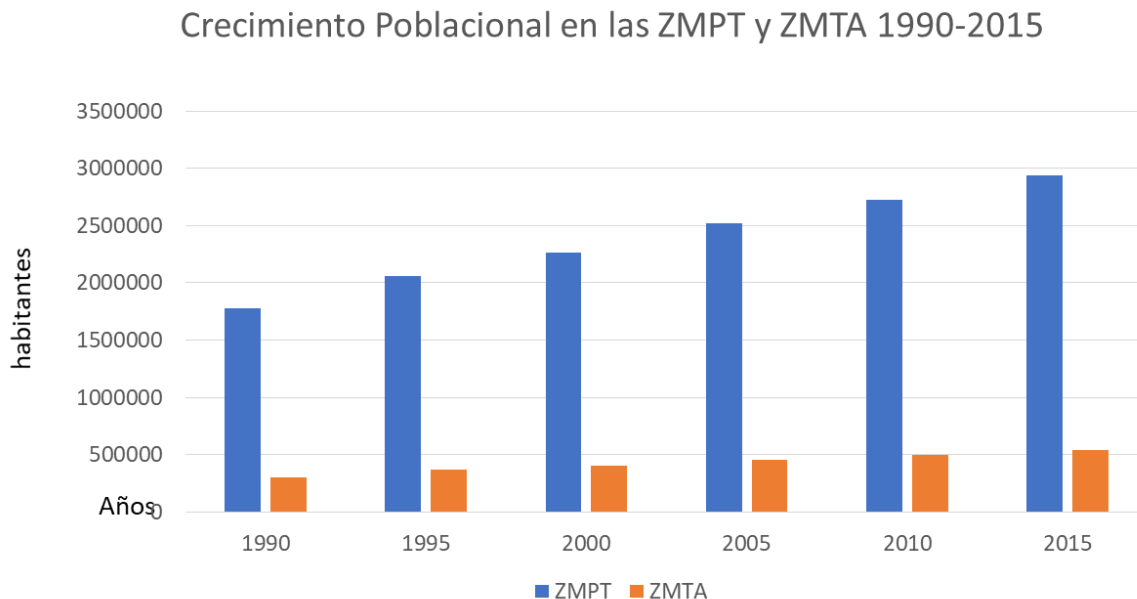
consideran centrales. La ZMTA está formada por diecinueve municipios que a su vez son centrales (SEDESOL-CONAPO-INEGI, 2010). Estas zonas metropolitanas han servido como referencia en los diagnósticos realizados en este trabajo; se puso especial énfasis en la ZMPT, porque en volumen de población es la de mayor impacto en la CAA y por el área que ocupa con respecto al total de la CAA. Para 2005 la ZMPT ocupaba 51% del área de la Cuenca, mientras la ZMTA cerca del 17% (ver Figuras 14 y 15).

Ilustración 14 Zonas metropolitanas en la CAA



Fuente: elaboración propia con datos de INEGI, 2017

Ilustración 15 Crecimiento poblacional en las zonas metropolitanas Puebla-Tlaxcala y Apizaco-Tlaxcala en el período 1990-2015



Fuente: elaboración propia con base en INEGI, 1995, 2005 y 2015.

Como se observa en la Figura 15, en la ZMPT³⁸ la tendencia de ocupación en el territorio es de tipo extensivo, consumidor de grandes espacios de baja densidad³⁹, esto induce cambios de uso de suelo y vegetación porque la expansión urbana se da sobre tierras agrícolas, forestales o de captación hídrica. La ZMTA, no ha tenido una expansión tan acelerada porque tiene una dinámica diferente⁴⁰. Los escenarios de planeación y crecimiento del estado Tlaxcala consideran muy importantes las ciudades de Tlaxcala y Apizaco como soporte de servicios especializados para el estado y no para una región como lo es la ZMPT.

En la ilustración 16 se muestran los cambios relativos en los diferentes usos de suelo y vegetación para los períodos 1980-1993 y 1993-2005 en la ZMPT. Considerando los incrementos, las áreas urbanas reportaron un aumento de 9 777 has, los bosques 3 884 ha, las áreas de agricultura

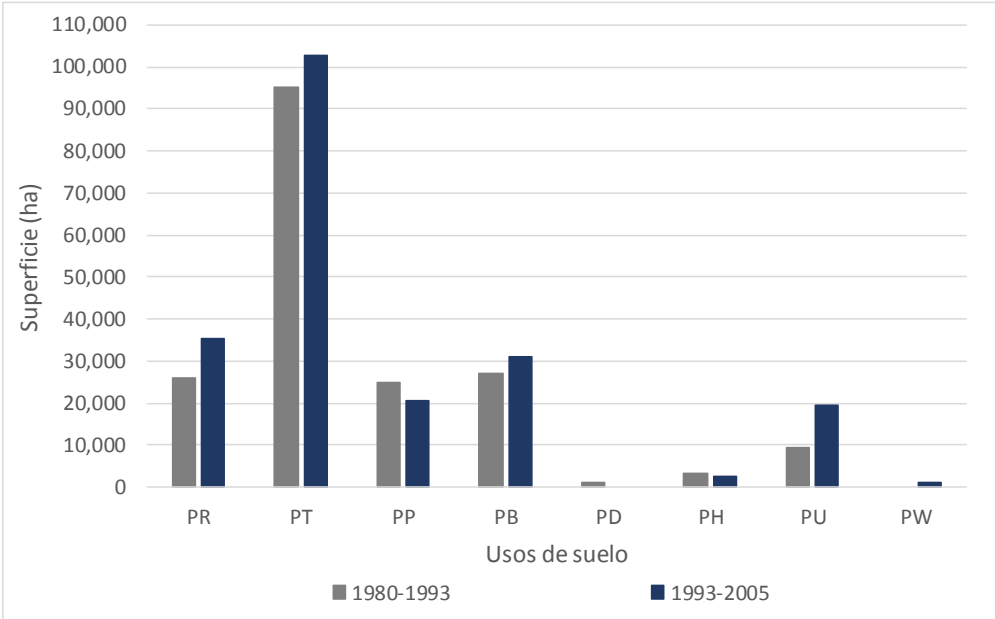
³⁸ Estimación con base en la caracterización de la ZMPT realizada por Iracheta, 2012: 47.

³⁹ La densidad para la ZMPT en el año 2000 es de 1 135 hab/km² y para 2005 de 1 270 hab /km². Según la Delimitación de Zonas Urbanas de México 2010, la densidad media urbana para las dos zonas metropolitanas es: 34.7 hab/ha. para la ZMTA y de 76.6 hab/ha. para la Puebla-Tlaxcala (SEDESOL-CONAPO-INEGI, 2010)

⁴⁰ En 2010 la población de la ZMPT fue de 2 721 933 habitantes, se estima que para el año 2030 sea de 3 290 000 habitantes, lo que implica que de 2010 a 2030 habrá casi 600 mil nuevos habitantes (Iracheta, 2012: 50).

de riego 9 180 ha y la de temporal 7 675 has. Los pastizales inducidos y los cuerpos de agua disminuyeron a 4 454 ha y 734 ha, respectivamente.

Ilustración 16 Permanencias, uso de suelo y vegetación. 1980-1993 vs 1993-2005 en la ZMPT



Uso de suelo	Clave	1980-1993	1993-2005
		Hectáreas	
Agricultura de riego	PR	26,023.183	35,203.153
Agricultura de temporal	PT	95,118.528	102,793.662
Pastizales cultivados e inducidos	PP	24,880.071	20,426.121
Bosques primarios y secundarios arbóreos	PB	27,075.866	30,959.858
Áreas desprovistas de vegetación	PD	1,190.038	
Cuerpos de agua	PH	3,194.175	2,460.158
Áreas urbanas	PU	9,560.799	19,338.166
Pradera de alta montaña	PW		1,010.577

Fuente: Iracheta, 2012.

La expansión urbana, impulsada por las transformaciones urbano-territoriales implícitas en las formas culturales, tecnológicas y sobre todo políticas y económicas de relacionarse con el entorno, vigentes desde hace décadas, ha provocado deterioro en los ecosistemas naturales, afectando de manera constante los recursos que sustentan las actividades productivas, como las agrícolas o industriales por mencionar algunas. El deterioro irreversible de los recursos tiene

invariablemente un impacto socio-económico y ambiental que deteriora la calidad de vida de la población.

2.2.4. El deterioro urbano-territorial

La ZMPT sigue expandiéndose, no sólo por el crecimiento natural y de migración sino por el papel predominante que ha adquirido en los últimos quince años como zona concentradora de equipamiento educativo y cultural, y en la prestación de servicios administrativos de carácter regional. Ocupa el segundo lugar en importancia en el ámbito de la megalópolis (Preciat & Vidrio, 2010) Esto ha traído como consecuencia la construcción de conjuntos habitacionales, espacios comerciales e industrias (Iracheta, 2012,59) sin una planeación urbana ni ordenamiento territorial que consideren la capacidad de carga de los ecosistemas circundantes ni las dinámicas socio-económicas y culturales locales, aunado a una heterogeneidad en cuanto a decisiones sobre usos del suelo y ausencia de la observancia de lineamientos de planeación y ordenamiento territorial con una visión de cuenca.

La población nueva se aloja de manera desigual en municipios que experimentan una tasa de crecimiento media anual (TCMA) mayor a la media, como Amozoc, Coronago, Cuautlancingo, Huejotzingo, Juan C. Bonilla, San Andrés Cholula, San Pedro Cholula, Papalotla de Xicoténcatl y San Pablo del Monte, estos dos últimos municipios pertenecen al estado de Tlaxcala y los siete restantes al de Puebla (Tabla 4).

Tabla 4 Tasas de crecimiento media anual de la población por municipio de la ZMPT

Localidad	TCMA (%)					
	1990-95	1995-2000	2000-05	2005-10	2010-15	1990-2015
Acajete	2.77	0.92	1.44	2.59	1.51	1.84
Amozoc	8.89	3.29	4.05	5.17	3.04	4.87
Chiautzingo	1.83	0.97	-0.71	1.79	1.73	1.12
Coronago	4.12	1.83	1.87	2.72	3.43	2.79
Cuautlancingo	6.35	3.41	3.48	7.38	7.23	5.56
Domingo Arenas	2.46	2.18	0.06	4.41	1.33	2.08
Huejotzingo	2.51	1.46	3.30	1.19	3.06	2.30
Juan C. Bonilla	3.77	0.92	0.45	4.59	2.77	2.49
Ocoyucan	2.42	3.42	-2.15	3.96	1.87	1.88
Puebla	2.94	1.96	1.98	0.71	0.47	1.61
San Andrés Cholula	3.95	4.10	7.40	4.62	6.45	5.30
San Felipe Teotlalcingo	1.66	0.59	-0.31	2.10	2.10	1.22
San Gregorio Atzompa	2.75	1.59	0.14	3.20	1.87	1.90

Localidad	TCMA (%)					
	1990-95	1995-2000	2000-05	2005-10	2010-15	1990-2015
San Martín Texmelucan	3.41	1.62	1.48	1.60	1.50	1.92
San Miguel Xoxtla	2.81	1.71	2.66	1.69	1.25	2.02
San Pedro Cholula	2.81	2.14	2.60	1.21	1.38	2.02
San Salvador el Verde	3.23	1.45	1.11	3.49	1.99	2.25
Tepatlatxco de Hidalgo	3.27	-0.31	1.13	1.83	1.43	1.46
Tlaltenango	3.20	1.12	1.11	2.01	2.59	2.00
Acuamanala de Miguel Hidalgo	-9.45	0.48	3.12	2.37	0.74	-0.66
Ixtacuixtla de Mariano Matamoros	-1.25	1.03	1.46	1.54	1.74	0.90
Mazatecochco de José Ma. Morelos	3.23	2.4	0.51	2.59	2.28	2.20
Nativitas	-1.18	0.75	0.79	1.56	1.18	0.62
Papalotla de Xicoténcatl	2.93	2.29	2.01	1.86	2.38	2.29
San Jerónimo Zacualpan		0.24	-1.06	3.15	1.02	0.83
San Juan Huactzinco		0.13	3.47	0.73	1.95	1.56
San Lorenzo Axocomanitla		0.48	1.98	0.93	2.17	1.39
San Pablo del Monte	3.67	2.11	3.34	1.66	2.10	2.57
Santa Apolonia Teacalco		-0.17	0.98	2.41	0.95	1.04
Santa Catarina Ayometla		0.00	0.87	1.81	1.98	1.16
Santa Cruz Quilehtla		1.32	1.95	3.20	2.63	2.27
Tenancingo	-0.31	1.11	0.95	2.04	1.76	1.11
Teolochoico	3.29	1.18	2.63	2.20	2.38	2.33
Tepetitla de Lardizábal	2.60	2.31	2.72	2.73	2.38	2.55
Tepeyanco	-12.54	0.76	0.37	3.78	1.75	-1.35
Tetlatlahuca	-8.33	1.10	1.21	1.58	1.57	-0.65
Xicohtzinco	2.07	1.52	0.97	2.69	2.15	1.88
Zacatelco	-3.56	0.86	2.05	1.82	2.00	0.61
ZMPT	2.99	1.92	2.14	1.58	1.51	2.03

Fuente: Elaboración propia con base en INEGI (1990, 2000 y 2010), INEGI (1995, 2005 y 2015).

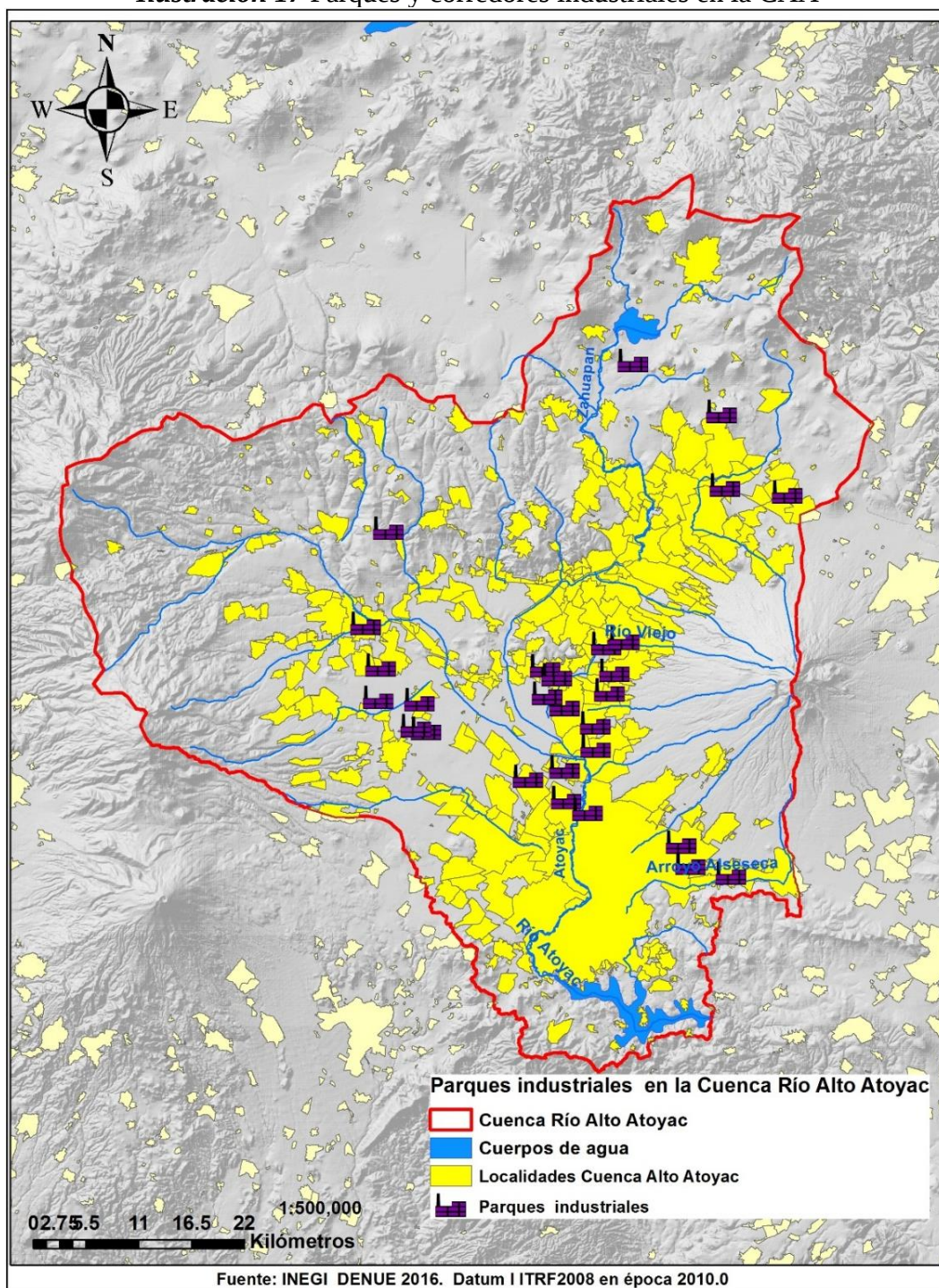
En la ocupación de los conjuntos habitacionales, espacios comerciales y plantas industriales en la periferia de algunos municipios de la ZMPT, se ha generado gran cantidad de predios baldíos dentro del área urbana y en su perímetro. Esto trae como consecuencia altos costos de mantenimiento y construcción para vialidades, sistemas de agua, de drenaje, banquetas e infraestructura. La fuerte especulación con los altos precios de los predios baldíos en áreas urbanas consolidadas y la adquisición de los desarrolladores inmobiliarios de tierra agrícola y forestal a bajo costo económico

motivan cambios de uso de suelo en detrimento de la producción agrícola y su valor ambiental (Iracheta, 2012, 58).

Los asentamientos dispersos y alejados de los centros urbanos se incorporan a lo largo de las nuevas vialidades, carreteras, incluso de autopistas urbanas concebidas de manera sectorial, sin un criterio territorial integrado. Esto conlleva costos sociales y ambientales para los ciudadanos que los habitan por los tiempos de traslado, q09 los costos de transporte e insuficientes áreas verdes. La ocupación del territorio en la ZMPT la deciden las fuerzas del mercado inmobiliario formal e informal sin tomar en cuenta las consecuencias, aunado a esto no existe un sistema de planeación que garantice un crecimiento ordenado (Iracheta, 2012, 58-60).

En la Figura 16, se muestra la localización de las industrias a lo largo de la autopista México-Veracruz y San Martín-Tlaxcala, en la zona limítrofe de los estados de Puebla y Tlaxcala. Así mismo, se observa la distribución de áreas urbanas con un modelo de distribución de alta concentración y dispersión.

Ilustración 17 Parques y corredores industriales en la CAA



Fuente: Elaboración propia con base en INEGI, DENEUE 2016

2.3. El deterioro ambiental

La preocupación por el deterioro ambiental ha dado propiciado que desde la década de 1970, se realicen estudios para medir los impactos medio ambientales en algunas zonas de la CAA, sobre todo en el embalse de Valsequillo, la subcuenca del río Atoyac, la del río Zahuapan y en menor grado la presa Atlangatepec. Para ejemplificar el deterioro se expondrán algunos resultados.

Subcuenca del río Zahuapan y Presa de Atlangatepec

En el año 2005, la subcuenca contaba con 734 891 habitantes, ubicados en 51 municipios; el mayor conglomerado de los asentamientos humanos se registró en Tlaxcala, Apizaco, Chiautempan, Huamantla y San Pablo del Monte, con un total de 319 635 habitantes que representaban el 33.17% de la población total, entonces el 51.12% del total de la población del estado de Tlaxcala. En el año 2010, se calculó que en un período de 35 años (1975-2010) la subcuenca perdió 11 445 ha (40.02%) de vegetación arbórea y 40 426 ha (72.70%) de vegetación arbustiva por el proceso de deforestación, esto significa una pérdida de más de las tres cuartas partes de su cobertura vegetal, con una erosión severa asociada al suelo sin cobertura o una vegetación de matorral o bosque abierto.

Ya desde el año 2008 (Alvarado C et al.), habían reportado que, el 75% de la cuenca estaba afectada por erosión severa y muy severa. La velocidad de la erosión ha alcanzado cifras que oscilan entre 300 y 600 t/ha/año en bosque de pino, encino, junípero, eriales o zonas agrícolas con pendientes entre 18 y 25%. La compactación del suelo que domina es la moderada entre 2.2 y 5.5 kg/cm², situación que limita un poco el paso del agua por el suelo; la mayoría de los cuerpos de agua están contaminados (Alvarado, Martínez, María & Rolando, 2011). Los incendios forestales han causado también pérdida de suelos con cubierta forestal; en el año 2005 se contabilizaron 560 ha. para arbolado adulto, 1 253.5 ha. para matorrales y arbustos; para afectación en pastizales la cifra ascendió a 1 860.1 ha., un total de 3,673.6 ha. (Alvarado C et al., 2008).

La presa San José Atlangatepec fue construida entre 1957 y 1961 sobre 1 200 ha. con una capacidad de 54 430 000 m³. Destinada principalmente para riego (CONANP, 2011), también es usada para control de avenidas y actividades piscícolas. Con la derivadora Panotla da servicio al Distrito de Riego 056 Atoyac-Zahuapan, que abarca 1 600 ha. (Alvarado C, Reynoso P, Rosas M, & Colmenero R, 2008). El nivel de almacenamiento promedio es de 40 000 000 m³. con un mínimo histórico de 22 530 000 m³. Es muy común que en época de lluvias se desborde, inunde terrenos de

cultivo aledaños, incluso la comunidad agrícola de San Luis, donde habitan aproximadamente 150 personas (Vásquez, 2015). El nivel de agua en época de estiaje tiene un descenso gradual porque es utilizado para la agricultura.

El embalse ha sido incluido en la categoría de humedal Ramsar, por ser un refugio regional para gran diversidad de aves, especies amenazadas, endémicas y protegidas; se han avistado 125 especies de aves asociadas con el humedal. Aunado a esto se han registrado seis especies de carpas, una de charal, acocil y ajolote, lo que provee beneficios económicos a organizaciones pesqueras; oficialmente están registradas cuatro: San José Atlangatepec, Zacapexco, La Trasquila y San Pedro Ecatepec, constituidas por 40 pescadores. El agua del embalse es utilizada para la producción agrícola, que a su vez sirve para alimentar ganado (CONANP, 2011).

De acuerdo con datos de CONANP (2011), la región en la que se encuentra la presa de Atlangatepec históricamente ha sido fuertemente impactada por el cambio en el uso del suelo hacia actividades principalmente agrícolas y pecuarias. La deforestación ha ocasionado que el humedal presente altos niveles de azolvamiento, calculado en 15 millones de toneladas en el período 1961-2004, con un promedio anual de 354 mil toneladas, provocando pérdida de la capacidad de almacenamiento y afectando las tierras agrícolas que dependen del riego. El humedal recibe agua principalmente del afluente del río Zahuapan y de dos arroyos de temporal. Antes de desembocar en la presa el río recibe las descargas de Tlaxco si ningún tratamiento, lo que ocasiona alteración en la presa.

En el año 2011 García N, Carrizales Y, Juárez S, García G, Hernández A, Briones C, y Vazquez C, realizaron un estudio en la primavera del 2008 para medir las concentraciones de arsénico (As) y plomo (Pb) en agua superficial, así como sedimento en dieciséis estaciones de muestreo ubicadas en el inicio (Tlaxco) y final (Papalotla) del trayecto de los ríos Atoyac y Alseseca, incluyendo la presa de Atlangatepec en el estado de Tlaxcala. Encontraron que:

1) El promedio de la temperatura del agua fue de $15.88\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2.31$ en la mayoría de las estaciones de muestreo; el agua mostró una tendencia a la alcalinidad con una media aritmética de 7.60 ± 0.6 .

2). El 87.5 % de los sedimentos, exhibieron un contenido de arena por arriba del 68%, lo que indica que la textura predominante es arenosa, excepto el sitio denominado Muñoz, con clase

textural franca en porcentajes equivalentes de arena-arcilla-limo, y el sedimento de Tepetitla, clasificado como limosa con un porcentaje por arriba del 90 % de este grano. El 75 % de los sedimentos revelaron porcentajes bajos de materia orgánica y carbono orgánico total. Los niveles de MO fluctuaron entre 0.27 y 5.38 %, valores característicos de sedimentos arenosos y ambientes hidrodinámicos, sin embargo en las estaciones El Ojito, Apizaco, Panotla y Tetlatlahuca se reportaron porcentajes elevados de 20.44%, 26.90%, 29.95% y 13.99% respectivamente. Estas concentraciones fueron atribuidas al fitoplancton en El Ojito y en las otras tres estaciones a sustancias provenientes de suelos húmicos superficiales acarreados de tributarios, escorrentías y al elevado aporte antropogénico de descargas urbanas con contenido fecal y agrícola. Los sedimentos registraron un pH con un intervalo de 5.43 a 7.63 y una baja conductividad eléctrica de 2 a 95 dS·cm⁻¹, que se clasifica como no salino. El sitio denominado Sambrano mostró el valor más alto de CE y por lo tanto de pH (García Nieto et al., 2011).

3)En cuanto a arsénico (As) en agua, once de las dieciséis muestras revelaron concentraciones superiores a la norma mexicana (NOM-001-ECOL-1996), que establece como LMP de 0.2 mg·L⁻¹ en las descargas de aguas residuales para protección de la vida acuática. Todas las muestras exceden el valor de referencia de 0.005 mg·L de la normativa canadiense para la protección de la vida acuática (CCME, 1999 a). El 50 % de las muestras superó el valor de 0.5 mg·L⁻¹ establecido por la NOM arriba citada como límite para la utilización del agua con fines agrícolas y el 87.5 % superó el valor de 0.1 mg·L establecido por la normativa canadiense para protección de diversos cultivos (CCME, 1999 b). En la zona sur del estado de Tlaxcala el agua de la subcuenca Zahuapan se utiliza para el riego de hortalizas; en Tlaxco y El Ojito se usa para abastecer de agua potable a comunidades aledañas; los dos sitios superaron más de 30 veces la norma (NOM-127-SSA1-1994 Mod. 2000) que establece 0.025 mg·L⁻¹ como límite permisible de As en agua para consumo humano. La exposición crónica por ingesta de agua contaminada con As, (0. 0.41 mg·L⁻¹) se ha relacionado con alteraciones en la piel y lesiones cancerosas (Cebrián, Albores, Aguilar, & Blakely, 1983); exposiciones de 1.09 mg·L⁻¹ se relacionan con hipopigmentación, hiperpigmentación y/o hiperqueratosis, (Prieto G, Acevedo S, Pérez M, Prieto M, & Canales F, 2016) (García N. et al, 2011).

4)El plomo (Pb) en agua en Tlaxco y El Ojito excede el límite 0.01 mg·L⁻¹ establecido por la norma (NOM-127-SSA1-1994 Mod. 2000) para uso y consumo humano. Excepto el sitio denominado Atlahuetzía todas las muestras superaron el límite para protección de la vida acuática

de $0.2 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ de Pb en agua (NOM-001-ECOL-1996), mientras que el límite para uso agrícola de $0.5 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ fue excedido en el 75 % de las muestras.

5) En relación con el As en sedimento, la laguna de Atlangatepec reportó las concentraciones más elevadas ($127.7 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) que el resto de los sitios de monitoreo, aun así en trece de los dieciséis el As superó los $6 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, límite propuesto por el Departamento de Protección Ambiental de New Jersey (NJEDP, 1998); el 50% de los sitios superaron los $17 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ indicados por el Ministerio Ambiental del Consulado de Canadá (CCME, 1999). En algunas estaciones del área de estudio los sedimentos superficiales se utilizan para enriquecer suelos agrícolas. En época de lluvias el desbordamiento del río provoca que los sedimentos se dispersen en los campos. Tomando como referencia el LMP de $22 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ de As en suelo agrícola que establece la NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004 para su remediación, cinco muestras de sedimento superaron este valor, reportaron valores de 21 a $127 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ por lo que se atribuye contaminación por influencia antropogénica (García N. et al., 2011).

6) Para Pb en la matriz sedimentaria, doce de los dieciséis sitios analizados superaron la norma de $31 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ propuesta por NJDEP para la protección de la vida acuática. El plomo tiene la capacidad de biomagnificarse (García H, García R, Jara M, Barraza G, & Hudson W, 2005) por lo que su presencia en sedimento representa un peligro potencial al incorporarse a la cadena trófica.

García Nieto et al., (2011), concluyen que los valores para As y Pb encontrados en las aguas y sedimentos de la subcuenca del Zahuapan, implican un riesgo potencial para consumo humano, uso acuícola y agrícola, por lo que recomiendan se realice una evaluación de riesgo e impactos en salud humana y ecotoxicológico en organismos acuáticos y terrestres afectados por el agua de la subcuenca.

Carreón, Suárez, Muñoz, Montoya & Chamizo (2013), realizaron análisis de calidad del agua del río Zahuapan en cinco puntos de muestreo (El Pardo, El Pardo en su unión con Atotonilco, salida de la presa Atlangatepec, Tlaxco y su unión con el Peñón y la entrada a embalse) para las variables SDT, SST, DBO y OD, con los siguientes resultados: en El Pardo (lugar donde nace el río Zahuapan) y salida de la presa de Atlangatepec mostraron valores bajos en SDT, SST y DBO, sin embargo los valores se van incrementando con el tránsito del río por las comunidades de la región porque vierten

las aguas residuales domésticas en los afluentes; alcanzan registros más altos con las descargas de las barrancas en el punto antes de ingresar a la presa.

Para el OD, los valores más altos se registraron en El Pardo y a la salida de la presa, las descargas de las comunidades presentaron valores bajos para esta variable antes de ingresar al embalse. El embalse funciona como una gran planta de tratamiento de agua. Carreón et al. (2013), atribuyeron la contaminación al vertido de las aguas residuales de los asentamientos humanos y la erosión hídrica. Ya desde el año 2003 Salomón, Pérez Rodríguez & García habían advertido de altos índices de contaminación por coliformes encontrados en cinco puntos del embalse Atlangatepec, sobre todo en los afluentes de los poblados Zumpango y Tlaxco, con concentraciones de 9 300 y 360 Cél/ml respectivamente, que sobrepasan el LMP de <200 Cél/100ml). Calificaron el grado de contaminación como grave con posibilidades de incidir en la salud humana: enfermedades gastrointestinales.

Embalse de Valsequillo

Ubicado al final de la Cuenca Alta del río Balsas, recibe las aguas de los ríos Zahuapan, Atoyac, Alseseca y sus tributarios. De acuerdo con la Facultad de Ingeniería Química de la BUAP (1986), desde el año de 1971, se notaba un incremento acelerado de los niveles de contaminación, que fueron asociados al aumento de la mancha urbana y a la implantación industrial, aunados a la continua ausencia de precipitaciones pluviales lo suficientemente grandes para que se abatieran los niveles de contaminación en estas aguas. En 1977 los parámetros químicos (DQO y grasas y aceites), ya rebasaban los niveles máximos permitidos (López V, 1999, 84). Dos años después se registraron mayores niveles de concentración de contaminantes que los de 1977, los cuales fueron atribuidos al crecimiento de los corredores industriales de Puebla y Tlaxcala y a la poca precipitación pluvial de ese año, ocasionando que la presa alcanzara solo 50% de su capacidad de almacenamiento. Se consideró a las aguas de la presa como peligrosas para el consumo humano porque algunos de los parámetros sobrepasaban hasta cuatro veces los límites máximos permitidos. El lirio acuático dificultaba la pesca porque cubría 2 100 ha, lo que significaba el 70% de la superficie total de la presa (FIQ-BUAP, 1986). (Ver Cuadro 5).

A mediados de la década de 1980, se obtuvo como resultado que los niveles de Ph del agua almacenada en el embalse, eran favorables para el desarrollo del lirio acuático. Se detectó además:

a) altas concentraciones de materia proveniente de descargas de origen industrial no biodegradable; b) concentración de aceites y grasas; c) coliformes provenientes de descargas municipales; d) alta alcalinidad provocada por la influencia de descargas industriales; e) que el lago ya no tenía la capacidad suficiente para llevar a cabo la función de degradación de las altas concentraciones de contaminantes, y d) la desaparición de las especies acuáticas (FIQ-BUAP, 1986).

La situación de la presa Manuel Ávila Camacho, en el año 1989 se consideró drástica, porque la calidad del agua restringía los usos recreativos y minimizaba la actividad piscícola, que en la década de 1970, había sido una fuente de ingreso económico importante de la población ribereña. Presentaba reducciones en los niveles de autpurificación debido al azolvamiento en un 40%, disminuyendo el tiempo de retención hidráulico necesario. Se detecta fuerte tendencia a la hipereutroficación, reflejada por la ocupación del 75% de su superficie con lirio acuático. Mayor crecimiento de bacterias, alteraciones del ecosistema, como deterioro del suelo y daños en los productos agrícolas y pecuarios por el uso del agua del embalse en estas actividades. Se alertó que de no aplicar medidas para su saneamiento se convertiría en un receptáculo de agua inadecuada para los usos a los que fue destinada: control de avenidas, turismo recreativo, pesca y aprovechamiento de las aguas para riego de 34 340 ha del Distrito de Riego No. 30 (Foro Contaminación Ambiental, 1990).

Cervantes (1991), advirtió que el aprovechamiento sin control y la infiltración de contaminantes hasta las aguas subterráneas podría generar graves e irreversibles problemas a los acuíferos y deteriorar los abastecimientos de agua subterráneos en la ciudad de Puebla, aumentando la posibilidad de extraer agua contaminada por la disminución de su estancia en el subsuelo, incrementando la velocidad de circulación, afectando los mantos acuíferos y deteriorando la calidad de los abastecimientos de agua. Atribuyó las causas al desarrollo industrial y al crecimiento de la mancha urbana, que provocan grandes demandas de agua y por lo tanto mayores niveles de extracción de agua subterránea afectando los aprovechamientos existentes. Se analizó el agua de varios pozos de la ciudad y se encontró en todos ellos, además de importante contaminación bacteriológica, valores que sobrepasaban las normas para el consumo humano. Ver Tabla 5.

Tabla 5 Calidad del agua en pozos de abastecimiento en la ciudad de Puebla, 1991

Pozo / Zona	Observaciones
Concepción la Cruz	Valores fuera de norma: dureza, conductividad, sulfatos de fierro y bacteriológicos.
Ejido San Andrés	Valores fuera de norma: dureza, conductividad, alcalinidad, fierro y manganeso.
La Noria de San Andrés	Buena calidad fisicoquímica, excesiva contaminación bacteriológica.
Pozos aledaños al área Concepción la Cruz	Valores fuera de norma: dureza, alcalinidad, conductividad, sulfatos de fierro, contaminación bacteriológica.
La Noria	Mala calidad físico-química y bacteriológica, dureza, alcalinidad, conductividad.
Zona E	Problemas de dureza, alcalinidad, fierro y manganeso, excesiva contaminación bacteriológica.
María del Rocío	Valores fuera de norma: dureza y alcalinidad.
Reyes Huerta	Excesiva contaminación bacteriológica.

Fuente: Cervantes O, 1991.

En los monitoreos realizados al embalse por González, M (1996) se reportó un 65% de azolve con sólidos sedimentables de desechos humanos y erosión. El 75% del área estaba cubierta con lirio acuático saturado con metales pesados, los más importantes son plomo y mercurio. El lirio sirve de agente filtrante de productos químicos peligrosos, como los fenoles, sin embargo, consume todo el oxígeno disuelto afectando la piscicultura. Los niveles de contaminación y la proliferación de patógenos de la familia de los Colis, amibas, salmonelosis, provocó que de las 34 340 ha. que se regaban con las aguas de la presa, en ese entonces solamente pudiera beneficiar 9 500 ha., porque los microorganismos perforan y penetran dentro de las hortalizas y los vegetales de resistencia débil en su capa exterior, limitando el uso del agua del embalse para riego. (González, M. 1996).

Tabla 6 Concentración de contaminantes en el embalse Valsequillo 1977-1996

Indicador	Unidad	NOM 031*	NOM 032**	1977	1981	1991	1996
Datos físicos							
Temperatura interna	° centígrados	40	-----	-----	20.5	12	17.5
Temp. Medio ambiente	° centígrados			-----	23	15	23
PH Campo		6-9	6.5-8.5	7.36	6.50	7.80	6.84
Conductividad	Micromhos/cm	800	800	572	592	614	647
Sólidos totales	Mg/lt			820.1	1591	1,617	1694.3
Sólidos totales suspendidos	Mg/lt	0-100	0-100	-----	762	920	1322
Sólidos suspendidos fijos	Mg/lt			276.6	189	202	282
Sólidos suspendidos volátiles	Mg/lt			-----	573	525	593
Sólidos sedimentables	Mg/lt	5.00	10.00	1.09	1.11	5.50	14
Datos químicos							
Dureza total	Mg/lt	100-250	100-250	181.20	311.40	437	452
Alcalinidad	Mg/lt			262	386	289.54	230.33
Acidez	Mg/lt			9.50	29.60	56.80	58
Oxígeno disuelto	Mg/lt			5.06	5.86	4.72	4.5
DBO	Mg/lt	120	120	76.0	285.80	513	550
DQO	Mg/lt	40	120	310.8	339.90	360	390
Fosfatos	Mg/lt			25	51.19	73.99	77
Grasas y aceites	Mg/lt	70	70	73.30	39.80	47	70
Bacteriológicos							
Coliformes totales	NMP/100ml	100-300	100-300	250.00	1,609.2	3,000	3535.3
Coliformes fecales	NMP/100 ml	0 -2	0-2	-----	458.8	3,242	3520

•Normas Oficiales Mexicanas para el Vertido de Aguas Residuales de Origen Urbano que se dispongan para riego agrícola, 1991-1992. El Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación de Aguas norma las características del afluente respecto a cinco parámetros básicos que son: PH, temperatura, materia flotante, sólidos sedimentables, grasas y aceites.

** Normas Internacionales de características de agua que pueden ser usadas para uso habitacional e industrial.

Fuente: FIQ-BUAP, 1986; Foro Contaminación Ambiental,1990; Cervantes O, 1991; González M, 1996

En la Tabla 6, se representa la evolución histórica de la contaminación de la presa Valsequillo en el período 1977-1996, comentada párrafos arriba; destacan en color naranja los parámetros que sobrepasaban las normas que sirvieron de referencia.

La presa Valsequillo, es un sistema con entradas y salidas cuya calidad del agua está determinada por el aporte de los afluentes tributarios, las condiciones climáticas y las propias características del embalse; presenta incluso parámetros menores de contaminación en las muestras del agua que las obtenidas en el mismo período para el río Atoyac y el Alseseca, propiciadas por la dilución de contaminantes en mayores volúmenes de agua almacenada; de manera que en época de estiaje los parámetros de contaminación suelen aumentar (Gutiérrez López, 2014). Esto se ve

reflejado, por ejemplo, en mediciones que reportan menores concentraciones de metales pesados en el agua del embalse, motivando que se considere posible su uso en el riego de cultivos por no rebasar los Límites Máximos Permitidos (LMP). Sin embargo, el grado de contaminación del agua contenida en el embalse no es apta para el consumo humano (Sandoval V, Pulido F, Monks, Gordillo M, & Villegas V 2009).

Comparando parámetros de contaminación para DBO₅, DQO, nutrientes (fosfatos y nitratos), detergentes (SAAM), sólidos suspendidos totales (SST), grasas y aceites, así como metales pesados y compuestos orgánicos tóxicos provenientes de las aportaciones diarias del río Atoyac a la presa Valsequillo en 1979 y 2006, se reportaron menores cantidades para el año 2006. Ver tabla 7.

Tabla 7 Comparación de aportaciones de contaminantes vertidos en la presa Valsequillo, provenientes del río Atoyac 1979-2006

Indicador	Unidad	1979	2006
DQO	t/d	164	146.2
DBO ₅	t/d	95.6	66.4
Sólidos suspendidos totales (SST)	t/d	90.47	62.7
Grasas y aceites	t/d	26.16	16.3
Nutrientes (fosfatos y nitratos)	t/d	17.8	14.7
Metales pesados*	t/d	13.67	0.14
Detergentes (SAAM)	t/d	7.0	0.4
Compuestos orgánicos tóxicos**	t/d	s/d	0.09

Notas: * *Plomo, cromo, cadmio, cobre, mercurio, níquel y zinc.* ** *Provenientes de industrias: textiles, alimenticias, químicas, petroquímicas, automotrices y papeleras.*

Fuente: SRH, 1979: 36 SEMARNAT-CONAGUA, 2007)

En el primer lustro del siglo XXI, Mangas et al., (2005), resaltaron la situación de gravedad en que se encuentra la presa y la ineficacia de los intentos para rehabilitarla que se han anunciado desde la década de 1970. El problema no sólo son los altos niveles de contaminación sino la pérdida de capacidad de almacenamiento del embalse. Los investigadores advirtieron, derivado de mediciones de batimetría realizada mediante un sonar de profundidad, que la presa en el 2004 reportó 135 millones de m³ de los 410 millones de m³ de agua para los que había sido construida; esta pérdida representa el 67% de la capacidad. En 1972 reportaba 300 millones, para 1992 había disminuido a 210 millones. Se ha estimado que de seguir con la misma tendencia la vida útil de la presa Valsequillo terminará en el año el 2024, en que sólo podrá almacenar 30 millones de m³, lo que

representa menos del 10% de su capacidad original. Existen otros estudios que afirman que la capacidad de la presa en el año 2005 fue de 217 millones de m³ (H. Ayuntamiento de Puebla, 2012, 71). Se considera que una presa llega al final de su vida útil cuando alcanza el 90% en la pérdida de capacidad de almacenamiento.

La presa Valsequillo, funciona como una planta de tratamiento de aguas residuales, como biofiltro, en el que el lirio acuático cumple la función de retención de metales y la disminución significativa en los parámetros de demanda química y bioquímica de oxígeno, ya que, derivado de las evaluaciones realizadas por Rodríguez E, et al., (2012) la concentración de contaminantes de los ríos Atoyac y Alseseca son mayores antes de incorporarse al embalse. Se ha calculado que el río Atoyac, aporta a la presa el 86% del caudal, con un promedio de $5,741.6 \pm 1,599$ l/s (mediana: 5,861 l/s), con un mínimo de 4,009 y un máximo de 7,690 l/s. El Alseseca vierte el 14% con un promedio de 980.8 ± 180.7 l/s (mediana: 972 l/s), con un mínimo y un máximo de 808 y 1 254 l/s respectivamente. (Gutiérrez, 2014).

Subcuenca del río Atoyac, Alseseca

Se ha calculado que en el río Atoyac, confluyen 83 descargas industriales y 38 municipales; las plantas de tratamiento aportan el 60% de la descarga, las municipales el 17%, giros varios el 13%, la industria petroquímica el 5%, la farmacéutica y textil el 3% y 1 % respectivamente (CONAGUA, 2005). Las 123 descargas vierten 306.7 con los siguientes porcentajes de toneladas de contaminantes diarios: demanda química de oxígeno, el 37.69%; demanda bioquímica de oxígeno, 21.65%; sólidos suspendidos totales, 20.47%; grasas y aceites, 5.32%; nutrientes, 4.79%; metales pesados, 0.05% y compuestos orgánicos 0.03%. Las descargas que vierten mayores cargas de contaminantes corresponden a Productos Confitados, Ciba, Industrial de Abastos, Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) San Francisco y Atoyac Sur, descarga municipal de San Martín Texmelucan y PTAR de Barranca del Conde. También recibe descargas del Colector Industrial Quetzalcóatl (metalmecánica, textiles y química); Complejo Petroquímico Independencia Pemex; Colector Industrial El Carmen (química, petroquímica, farmacéutica, textil y metalúrgica); Colector Panzacola (textil, química y polímeros), Parque Industrial Camino a San Lorenzo; Colector 5 de Mayo (industria del acero, refresquera, química, tenería y aceites); Parque Industrial Cuautlancingo. En el Alseseca descargan el Complejo Industrial Petroquímico, dos colectores industriales, dos industrias textiles y dos metalurgias (Morales, 2013).

Los investigadores Sandoval V, et al (2009) refieren que desde el año 1995 se reportó un incremento de sales solubles, metales pesados, detergentes y grasas en el río por la incorporación del agua residual procedente de Tlaxcala, San Martín Texmelucan, Moyotzingo y la ciudad de Puebla. Así mismo, un lustro después se encontraron concentraciones de metales en el orden: hierro (Fe) > Plomo (Pb) > Manganeseo (Mn) > Cromo (Cr) > Cadmio (Cd) en suelos sometidos a riego por más de 30 años con aguas del río. Así mismo, análisis realizados en la región atlixquense al río Nexapa, afluente del Atoyac, reportaron parámetros que excedieron los límites máximos permitidos para DBO5, DQO, dureza, temperatura, nitrógeno amoniacal, pH, SS, turbiedad, Pb, Cr, Cd y Zn.

En el año 2002 Saldaña, Lerdo de Tejada, Gómez & López, con pruebas de toxicidad en los ríos Atoyac y Alseseca, encontraron un índice de correlación alto entre parámetros fisicoquímicos y toxicológicos; recomendaron incluir en la NOM-001-ECOL-1996 pruebas de toxicidad con *Photobacterium phosphoreum* para evaluar sustancias tóxicas no detectadas por los análisis convencionales. Encontraron que 72% de las descargas provenientes de las industrias sobrepasaron la norma y 82% presentaron altos niveles de toxicidad (ver Cuadro 7); mencionaron que de los 12.9 km³ de aguas residuales aportados por los usos consuntivos 10.88 km³ no recibían tratamiento.

**Tabla 8 Resultados de los análisis de descargas que afectan al río Atoyac y Alseseca
(mg/L, Unidades de Toxicidad)**

Descargas	pH	T°C	NT	PT	SST	DBO ₅	S Sed	Ph	Cr	Cd	Zn	UT	DQO
-----------	----	-----	----	----	-----	------------------	----------	----	----	----	----	----	-----

Textiles

1	11.03	27.3	53.6	3.38	10770	201	475	0.45	*	*	50.4	11.4	685.44
2	11	42.4	43.4	>0.12	53	2420	0.1	*	*	*	*	775	4334
3	7.59	33.5	17.8	9.02	52	87	0.5	*	*	*	*	1.15	483.84
4	8.3	30	6.48	7.24	61	181	0.1	*	*	*	*	14.6	1048.3
5	7.93	23	33.7	4.37	47	120	0.4	*	*	*	*	5.3	403.2

Metalúrgico

6	1.67	31	18.1	>0.12	38	2010	0.2	175.2	1.15	0.11	47.6	1165	7056
7	10	24	34	>0.12	34.5	11.1	1.5	0.28	*	*	*	26	100.8
8	7.4	29	13	0.13	13	21.1	0.1	*	*	*	*	7.8	80.64

Alimenticia

9	8.1	29.8	282	29.1	199	1406	0.5	0.26	*	*	*	254	1774.1
---	-----	------	-----	------	-----	------	-----	------	---	---	---	-----	--------

Curtiduría

10	7.75	21.7	135	1.09	475	2010	11	0.21	16.1	*	*	20	3306.2
----	------	------	-----	------	-----	------	----	------	------	---	---	----	--------

Petroquímica

11	7.2	24.2	0.9	2.03	44	40	>0.3	*	*	*	*	2.4	60.48
----	-----	------	-----	------	----	----	------	---	---	---	---	-----	-------

Colector industrial

12	9.2	28	45.5	5.6	158	422	4.5	*	*	*	*	5.1	1612.8
----	-----	----	------	-----	-----	-----	-----	---	---	---	---	-----	--------

Colector municipal

13	7.5	25	41.2	7.48	475	141	4	*	*	*	*	6.8	218.34
LMP	5-10	40	40	20	125	125	2	0.2	0.5	0.2	10	<1.33	

Notas: *: Menor al límite de detección. LMP: Límite máximo permisible en la NOM-001-ECOL-1996.

Cumplen con LMP	Ligeramente Tóxica	Tóxica	Altamente tóxica
-----------------	--------------------	--------	------------------

Fuente: Saldaña, Lerdo de Tejada, Gómez & López, 2002.

En la Tabla 8 se pueden observar las descargas que no cumplen con los parámetros establecidos en la NOM-001-ECOL-1996: son las descargas 3, 5, 8 y 11 las que quedan debajo de los LMP. En todas las descargas se detectó respuesta de organismos a la presencia de sustancias tóxicas, que se clasifican en: a) ligeramente tóxica, la descarga 3; b) tóxica, la descarga 11; c) altamente tóxicas las

descargas 1, 2, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10,12 y 13. Esto significa que once de las descargas monitoreadas se consideran altamente tóxicas para el cuerpo receptor. Derivado de estos resultados Saldaña et al (2002), afirmaron que los análisis químicos no pueden predecir o medir efectos biológicos en el sistema acuático y las pruebas de toxicidad permiten la integración de información sobre este rubro.

La NOM mencionada en el párrafo anterior enlista en sus parámetros para la evaluación de la calidad del agua ocho básicos, nueve metales pesados y un microbiológico. Nuevamente en el año 2006 Saldaña y Gómez, incluyeron análisis de toxicidad con *Vibrio fischeri* utilizando los parámetros y referencias que se observan en el Cuadro 8 a muestreos de 23 descargas industriales que vertían sobre el río Atoyac para identificar parámetros que sobrepasaban la NOM-001-ECOL-1996.

Tabla 9 Parámetros, métodos y referencias utilizados

Parámetro	Métodos y Referencias
Sólidos suspendidos totales (SST)	NMX-AA-34-1981
Plomo, zinc, cobre, arsénico, mercurio, cadmio, níquel, cobre	Espectrofotometría de absorción atómica. Standard Methods, 1992, 18, ed.
Fósforo total	NMX-AA-29,1982
Nitrógeno total Kjeldahl	IMTACAQAF6-27
Demanda química de oxígeno	NMX-AA-30-1981
Demanda bioquímica de oxígeno	NMX-AA-28-1981
Sólidos sedimentables	NMX-AA-4-1977
Toxicidad	Toxicidad aguda con <i>Photobacterium phosphoreum</i> . Microtox® NMX-AA-112-1995-SCFI

Fuente: Saldaña & Gómez, 2006.

De los análisis obtuvieron que dieciocho descargas (78%) de la muestra no cumplían con lo establecido en la norma para alguno de los parámetros básicos, como para metales pesados, lo cual indicó que los sistemas de tratamiento no estaban removiendo o degradando la carga contaminante. El 74% de las descargas presentaron niveles de toxicidad que oscilaron entre 2 hasta 1165 UT, clasificándolas como tóxicas a altamente tóxicas. De este porcentaje el 46% (17 descargas) corresponden al giro industrial textil. En el 37% de las descargas de los giros metalúrgico, químico, farmacéutico, alimenticio, entre otros, también se detectó toxicidad y en el 16% restante no se detectó ningún efecto tóxico en los organismos de prueba.

Considerando los resultados obtenidos, Saldaña & Gómez (2006), demostraron que las aportaciones de contaminantes que llegan al río Atoyac deterioran la calidad del agua del río y que las industrias están teniendo baja eficiencia en la remoción de contaminantes. Una vez más recomendaron aplicar el análisis de toxicidad dentro de la NOM-001-ECOL-1996 para establecer un límite permisible que integre la mezcla de contaminantes que se descargan y que afectan al sistema acuático.

En el año 2009 Sandoval V. et al. realizaron muestreos en siete puntos en el recorrido del río Atoyac y dos en la presa Valsequillo; añadieron los análisis para determinar LMP tomando como referencia lo establecido en la NOM-001-ECOL-1996, criterios ecológicos de calidad del agua CECCA-001/89 y La Ley Federal de Derechos de Agua del 2007. Los análisis de toxicidad y mutagenicidad se realizaron de acuerdo con las normas mexicanas NMX-AA-112-1995-SCFI y NMX-AA087-1995-SCFI y a la OECD-471-1995. Agruparon los parámetros estudiados en cinco categorías: 1) De campo: caudal, materia flotante, color, olor, temperatura, CE, pH y OD. 2). Fisicoquímicos. 2ª). Sólidos suspendidos totales (SST), sólidos disueltos totales (SDT), sólidos sedimentables (SSe), demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5), demanda química de oxígeno (DQO), grasas y aceites (GyA). 2B). Nutrientes: nitrógeno total (N_{Total}), nitrógeno amoniacal ($N_{amoniacal}$), nitrógeno orgánico (N_{org}), nitrógeno como nitritos y nitratos ($N_{nitritos} + N_{nitratos}$), nitrógeno nitritos ($N_{nitritos}$), fósforo total (P_{total}), fósforo orgánico (P_{org}) y ortofosfatos (P_{orto}). 3). Metales pesados: As, Cd, Cu, Cr, Cr+6, Hg, Ni, Pb, Zn, Al, Fe y Mn. 4). Microbiológicos: coliformes fecales. 5). Toxicidad: *Vibrio fischeri*, *Daphnia magna* y Mutagenicidad: prueba de Ames, con dos cepas (TA98 y TA100), sin y con activación metabólica (-S9 y +S9).

Los resultados obtenidos demostraron el daño al río Atoyac por el vertido de aguas contaminadas provenientes de descargas de asentamientos humanos e industrias pese a que ya se contaba con plantas de tratamiento de agua. Los análisis toxicológicos y mutagénicos reportaron la presencia de compuestos tóxicos que mediante métodos de análisis convencional no se detectan, por lo cual se reafirmó la necesidad de incluir en la NOM la obligatoriedad de este tipo de análisis (Sandoval V, Pulido F, Monks, Gordillo M, & Villegas V, 2009).

Iniciada la segunda década del siglo XXI Gutiérrez López (2014) reportó las siguientes valoraciones para la calidad del agua en los ríos Atoyac, Alseseca y la presa de Valsequillo.

Tabla 10 Calidad del Agua de los ríos Atoyac y Alseseca, presa Valsequillo

Indicador (mg/l)	Río Atoyac	Río Alseseca	Presa Valsequillo	Referencias LMP
Turbiedad, UNT	153.6±74.6 Turbia	194±29.33 UNT Turbia	16.5±4.12 UNT Clara	2-15 UNT (Metcalf & Eddy, 2003)
Sólidos suspendidos totales SST	423.9±112.5 mg/l 1,545 -42 mg/l Max-Min Fuertemente contaminado >400	119.8±61 mg/l 225 -75 mg/l Max-Min Aceptable 75-150	9.2±2.93 mg/l de 12.5-7 mg/l Max-Min Excelente < 25	< 400 mg/l (CONAGUA, 2008)
Color (U Pt/Co)	105±58.5 U Pt/Co 183-42 U Pt/Co Max-Min Moderada Calidad	166±73 U Pt/Co 225-68 U Pt/Co Max-Min Moderada Calidad	68.7±8.33 U Pt/Co 78-62 U Pt/Co Max-Min Moderada Calidad	50-300 U Pt/Co Moderada Calidad 5-50 U Pt/Co Alta calidad (Cakmak, 2010)
pH (U pH)	7.7±0.8 U pH 7.8-7.6 U pH Max-Min Moderadamente Alcalino	7.6±0.22 U pH 7.9-7.38 U pH Max-Min Moderadamente Alcalino	7.4±0.2 U pH 7.7-7.18 U pH Max-Min Moderadamente Alcalino	6.5 – 8.5 U pH (SEGOB, 1989)
Conductividad eléctrica (µS/cm)	1,214±443 µS/cm Alta, 1.75 veces la mediana nacional (RNM). 1921-792 µS/cm Extremos No cumple uso en riego.	1,576±464 µS/cm Alta, 2.27 veces la mediana nacional (RNM). 2,030-970 µS/cm Extremos No cumple uso en riego.	788.5±119 µS/cm 886 - 632 µS/cm Extremos Normal. Cumple uso en riego	1000 µS/cm, uso en riego (SEGOB, 1989) 694 µS/cm, Mediana nacional (SEMARNAT, 2010)
Temperatura (°C)	19.8±1.06 °C 21.2°-18.5 °C Max-Min Normal	22.3±1.3 °C 23.9-20.6°C Max-Min Moderadamente alta	18.2±2.53°C 20.9-15.2°C Max-Min Normal	(SEGOB, 1989) Continuación Tabla 10
Oxígeno disuelto (mg/l)	4 < 5 mg/l Anóxico	3.8 < 5 mg/l De anóxico a levemente oxigenado	5.5±0.6>5 mg/l 6.3-5 Max-Min Oxigenado	5 mg/l para la protección de la vida acuática. (SEGOB, 1989)
DBO5	88±69 mg/l 204.0-30.0 mg/l Max-Min De contaminado Fuertemente Contaminado	193±131.6 mg/l 393.0-56.0 mg/l Max-Min Fuertemente contaminado	6.1±3.84 mg/l 11.0-2.0 mg/l Max-Min Aceptable	> de 120 mg/l Fuertemente contaminado 30 - 120 mg/l Contaminado (CONAGUA 2008)
DQO	193.3.6±81 mg/l 311.0-84.0 mg/l Max-Min Contaminado	361.6±131.6 mg/l 554.0-132.0 mg/l Max-Min Fuertemente Contaminado	28.5±4.7 mg/l 33.0-23.0 mg/l Max-Min Aceptable	>200 mg/l Fuertemente contaminado 40-200 mg/l Contaminado (CONAGUA 2008)
COT	36.1±26.5 mg/l 82.0-15.3 mg/l Max-Min Contaminado	82±41 mg/l 121.0-34.5 mg/l Max-Min Contaminado	15.6±8.7 mg/l 26.3-4.9 mg/l Aceptable	3.5 mg/l (aguas superficiales), 10-20 mg/l (Aguas residuales sometidas a un tratamiento biológico) 50 y 1000 mg/l (aguas residuales crudas) (Kavanaugh, 1978) 1 a 30 mg/l (Valores naturales inc. carbón disuelto y particulado en una razón de 10 a 1. < 3 mg/l (aguas relativamente limpias) (McNeely, Neinanis, & Dwyer, 1979)

Indicador (mg/l)	Río Atoyac	Río Alseseca	Presa Valsequillo	Referencias LMP
Aluminio, Zinc	1.29 mg/l No cumple	0.6 mg/l No cumple	<0.05 mg/l Cumple	<0.05 mg/l (SEGOB, 1989) Riego (Al) y vida acuática (Zn)
Nitrógeno total	23.1 ±15.9 mg/l 49.9 mg/l máximo y 10.5 mg/l Max-Min Fuertemente contaminado	58 ±30.1 mg/l 99.9 mg/l - 26.2 mg/l Max-Min Fuertemente contaminado	8.1 ±3.5 mg/l 12.7-4.3 mg/l Max-Min Fuertemente contaminado	< 2.5 mg/l (UNECE, 1993)
Nitrógeno de NH₃	15.2 ±7.39 mg/l 23.3 - 6.8 mg/l Max-Min Fuertemente contaminado	35.0 ±14.5 mg/l 55.78-23.7 mg/l Max-Min Fuertemente contaminado	6.0 ±1.5 mg/l 7.7-4.2 mg/l Max-Min Contaminado	<2 mg/l (Cakmak, 2010)
Nitrógeno de NO₃	0.66 ±1.2 mg/l 2.8 -0.027 mg/l Max-Min Excelente calidad	0.285 ±0.445 mg/l 1.07 - 0.008 mg/l Max-Min Excelente calidad	0.093 ±0.062 mg/l 0.144- 0.024 mg/l Max-Min Excelente calidad	5 mg/l (Cakmak, 2010)
Nitrógeno de NO₂	0.144±0.14 mg/l 0.375-0.014 mg/l Max-Min Contaminado	0.106 ±0.156 mg/l 0.339-0.008 mg/l Max-Min Contaminado	0.109 ±0.11 mg/l 0.233-0.023 mg/l Max-Min Contaminado	0.01mg/l (Cakmak, 2010)
Fósforo total y reactivo	3.35 ±1.99 mg/l 6.12 - 0.85 mg/l Max-Min Fuertemente contaminado	5.97±2.28 mg/l 8.37-3.05 mg/l Max-Min Fuertemente contaminado	2.58 ±0.75 mg/l 3.52 - 1.78 mg/l Max-Min Fuertemente contaminado	0.075-0.190 mg/l (eutrofización-Contaminación Severa) 0.19 mg/l (UNECE, 1993), (Ramos, Quiroz, Ramírez & Lot, 2004) (McNeely, Neimanis, & Dwyer, 1979)
Cloruros	98.9 ±55.84 mg/l 198.2- 52.3 mg/l Max-Min Moderadamente Altos	129.75±33.3 mg/l 168.5-87.8 mg/l Max-Min Moderadamente Altos	59.0±5.4 mg/l 64.1 - 51.8 mg/l Max-Min Moderadamente altos	147.5 mg/l (riego) 200 mg/l (riego restringido) >400mg/l altamente contaminada (CONAMA, 2004) (Cakmak, 2010)
Sulfuros	8.17 ±14.03 mg/l 24.37-0.066 mg/l Max-Min Fuertemente contaminado	4.072±6.6 mg/l 11.7 - 0.132 mg/l Max-Min Fuertemente contaminado	0.259±0.168 mg/l 0.378-0.168 mg/l Max-Min Contaminado	0.002 mg/l (McNeely, Neimanis, & Dwyer, 1979)
Sulfatos	145.8±41.29 mg/l pero con un máximo de 179.04 mg/l y mínimo de 74.37 mg/l Ligeramente altos	154.6±97.28 mg/l pero con un máximo de 307.16 mg/l y mínimo de 37.06 mg/l Ligeramente altos	66.3±19.68 mg/l (87.3 mg/l máximo y 39.88 mg/l mínimo con un c.v. de 29.7%). Condición normal	2-150 mg/l < 4 mg/l en agua de lluvia (Ramos, Quiroz, Ramírez, & Lot, 2004)
Dureza, CaCO₃	342.58±92.96 mg/l Agua dura a muy dura	296.01±55.57 mg/l Agua dura a muy dura	227.76±13.97 mg/l Dura	< 75 mg/l (blanda) 75 - 150 mg/l (moderadamente dura) 150-300 mg/l (duras)

Indicador (mg/l)	Río Atoyac	Río Alseseca	Presa Valsequillo	Referencias LMP
				>300 mg/l (muy duras) (Sawler & Mac, 1967)
Alcalinidad, CaCO₃	358.05±46.3 mg/l 619.0-212.0 mg/l Max-Min Muy fuerte, de ríos contaminados	414.09±123.05 mg/l 543.0-260 mg/l Max-Min Muy fuertes, de ríos contaminados	288.14±19.6 mg/l 311.0-264.0 mg/l Max-Min Fuerte de ríos contaminados	20-300 mg/l (cultivo de peces) 250-350 mg/l (contaminado) >350 mg/l (Fuerte - contaminado) (Nisbet & Verneaux, 1970) (De La Lanza (2006)
Grasas y aceites	16.42.5±9.39 mg/l 23.7-3.4 mg/l Mala	7.4±4.1 mg/l 11.3-3.1 mg/L Buena	0 a 2.6 mg/l Excelente	< 5 mg/l (excelente calidad) 5-10 mg/l (buena calidad) > 10 mg/l (mala calidad) CONAMA (2004)
Detergentes, SAAM	3.121±2.3 mg/l 6.06-0.429 mg/l Contaminado	2.1±2.24 mg/l 5.4-0.5mg/l Contaminado	0.314±0.161 mg/l 0.54- 0.169 mg/l No contaminado	mg/l Protección de vida acuática (SEGOB, 1989)
RAS	3.4 Excelente a muy buena calidad	4.9 Buena a muy buena	2.4 Excelente a muy buena calidad	< 2.4 a 3 (excelente a muy buena calidad) 3-6 (muy buena a buena) CONAMA (2004)
Toxicidad	7.4 UT 10.6-2.93 UT Max-Min Alta	4.49 UT 5.3 -3.5 UT Max-Min De moderada a alta	2.4 UT De no tóxica a moderada	≥5 UT (alta toxicidad) 1.33 < 5 UT (moderada a alta) (SEGOB-SCFI, 2011)

FUENTE: (Gutiérrez López, 2014: 100)

Como puede observarse en el cuadro anterior, para el río Atoyac quince de los 25 parámetros analizados indican altos y fuertes niveles de contaminación; para el Alseseca trece y para el embalse de Valsequillo seis, de los cuáles la conductividad, DBO₅, DQO, COT, nitrógeno total, nitrógeno de NO₂, fósforo total y reactivo, así como la alcalinidad resultaron más altos en las muestras obtenidas del río Alseseca que del Atoyac. Para el caso del DBO₅ se atribuye el vertido de aguas residuales municipales residenciales y DQO a aguas residuales provenientes de la industria química, farmacéutica y, en menor medida, aguas con tratamiento primario o sin tratamiento previo. Ambos ríos presentan parámetros que indican moderada a alta toxicidad.

En la tabla 11 se mencionan brevemente los indicadores que Gutiérrez López (2014) utilizó como referencia para el análisis y algunas características:

Tabla 11 Indicadores que impactan la calidad del agua

Indicador	Características
Turbiedad, UNT	Partículas en suspensión: arcillas, lodos, organismos, materia orgánica, materia coloidal, presencias detergentes, jabones o emulsificadores que tienen su origen en el vertido de aguas residuales, escorrentía urbana, erosión del suelo y las orillas de los cauces. (Spellman & J., 1999)
SST*	Residuo no filtrable de una muestra de agua natural, residual o industrial.
Color (U Pt/Co)	El color del agua se debe a diferentes sustancias orgánicas e inorgánicas coloreadas en suspensión (color aparente) o disueltas (color real). Aguas con baja turbidez exhiben por lo general valores muy semejantes de color aparente y real (≤ 3 UTN). Cuando un agua presenta un nivel de color aparente de 10 U Pt/Co pasa desapercibida a la inspección visual. Para niveles de 100 U Pt/Co se asemejan al té negro, que puede producirse en agua de un pantano. Las aguas industriales suelen presentar coloraciones en función de su actividad. Fábricas de pasta de papel evacuan aguas parduzcas debido a la lignina; las aguas de rastros son rojas por la sangre; las lecherías y derivados lácteos producen aguas blancuzcas y las aguas de la textileras evacuan aguas azules, rojas y de otros colores por los colorantes. En esta evaluación se midió el color real considerando que es un parámetro asociado a las sustancias disueltas, que aunque pueden ser de origen natural, en un cuerpo de agua que recibe aguas residuales con una fuerte presencia industrial como son los ríos Atoyac y Alseseca es un indicador de la presencia de posibles sustancias peligrosas. (McNeely, Neimanis, & D. Wyer, 1979)
pH (U pH)	Indica el nivel de acidez o alcalinidad del agua. El potencial de hidrógeno.
Oxígeno disuelto	Factor preponderante en la manutención y desarrollo de la vida acuática.
Conductividad eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Está relacionada con los sólidos disueltos, con el color y la turbiedad, aunque no necesariamente son proporcionales. Es un parámetro que puede indicar contaminación, aumenta cuando los suelos están cargados de sales y son arrastrados con las lluvias. Indica cambios en la composición del agua, especialmente de la mineral. (McNeely, Neimanis, & Dwyer, 1979)
Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	Tiene una relación inversamente proporcional al oxígeno disuelto y con la degradación de la materia orgánica influye en el comportamiento de otros parámetros físicos y químicos; es un factor importante para el desarrollo de la vida acuática.
DBO ₅	El abatimiento del oxígeno disuelto es consecuencia de la degradación de la materia orgánica, asociada como indicador a los parámetros de demanda bioquímica de oxígeno de cinco días.
DQO	La demanda química de oxígeno (DQO) del agua, se refiere a la cantidad de oxígeno consumida en la oxidación química total de constituyentes orgánicos a productos inorgánicos finales. El grado en el cual los resultados de prueba se aproximan al valor teórico depende principalmente de qué tan completa es la oxidación. Un gran número de compuestos orgánicos se oxidan en una proporción de 90 % a 100 %. Para aguas en las que estos compuestos predominan, como las descargas municipales, el valor de DQO es una medida realista de la demanda de oxígeno teórica. Para otro tipo de aguas, que contienen grandes cantidades de ciertas sustancias difíciles de oxidar bajo las condiciones de prueba, el valor de DQO es una medida pobre de la demanda de oxígeno teórica. Este puede ser el caso de algunas descargas industriales (Secretaría de Economía-SCFI, 2012).
COT	El carbono total orgánico (TOC o COT) se utiliza para detectar y registrar el contenido orgánico total del agua. De acuerdo con Kavanaugh (1978) las aguas superficiales tienen un promedio de 3.5 mg/l de COT; las aguas residuales sometidas a un tratamiento biológico tienen valores entre 10 y 20 mg/l y las aguas residuales crudas de entre 50 y 1000 mg/l. McNeely, Neimanis, & Dwyer (1979) indican que los valores naturales van de 1 a 30 mg/l y que este parámetro incluye el carbón disuelto y particulado en una razón de 10 a 1. Valores menores a 3 mg/l los considera de aguas relativamente limpias.
Aluminio, Zinc	Los metales pesados son el grupo de metales o metaloides asociados con contaminación y toxicidad potencial (Cornelis & Nordberg, 2007). Su amplia distribución en la atmósfera, hidrosfera, litosfera y biósfera es consecuencia de fenómenos naturales y antropogénicos; en el primer caso los producen el vulcanismo, la erosión, la actividad bacteriana, el intemperismo físico-químico del suelo y rocas. En cuanto a las causas antropogénicas: quema de combustibles fósiles, procesos industriales y agrícolas, extracciones y fundiciones mineras, desechos de afluentes metalúrgicos, producción de pigmentos y pinturas (Capuano et al., 2005). Elevadas deposiciones antropogénicas pueden conducir al enriquecimiento abiótico anómalo causando contaminación a los ecosistemas (Fairbrother et al., 2007).

	El aluminio puede ser de origen natural pero también está asociado a los giros industriales: automotriz, de la construcción, eléctrica, cosmética, química, fabricación de utensilios de cocina y farmacéutica.
Nitrógeno tota	Está compuesto por nitrógeno amoniacal más el nitrógeno orgánico, y este está constituido por las formas de nitrógeno correspondientes al nitrato, nitrito y amonio. El nitrógeno total es una medida de todas las varias formas de nitrógeno que se encuentran en una muestra de agua. El nitrógeno es un nutriente necesario para el crecimiento de plantas acuáticas y algas. No todas las formas de nitrógeno pueden ser utilizadas fácilmente por las plantas acuáticas y las algas, especialmente el nitrógeno vinculado con materia orgánica disuelta o partículas. El símbolo químico para el nitrógeno es N y el símbolo para el nitrógeno total es TN. El nitrógeno total consiste en formas inorgánicas y orgánicas. Las formas inorgánicas incluyen el nitrato (NO_3^-), nitrito (NO_2^-), el amoníaco (NH_4^+) ionizado, no incluye el amoníaco no ionizado (NH_3) y gas del nitrógeno (N_2). El contenido de nitrógeno orgánico en un agua incluye el nitrógeno de aminoácidos, aminas, polipéptidos, proteínas y otros compuestos orgánicos del Nitrógeno (Departamento Administrativo Nacional de Estadística, DANE, 2011).
Nitrógeno de NH_3	El amoníaco es un compuesto químico cuya molécula está formada por un átomo de nitrógeno (N) y tres átomos de hidrógeno (H). La molécula tiene una forma tetraédrica con un vértice vacante debido a la formación de orbitales híbridos sp^3 . En disolución acuosa se puede comportar como una base y formarse el ion amonio (NH_4^+) con un átomo de hidrógeno en cada vértice del tetraedro. Es un gas incoloro, de olor muy penetrante, soluble en agua, en estado líquido es fácilmente evaporable. Es una base fuerte corrosiva que reacciona violentamente con ácidos, oxidantes fuertes y halógenos.
Nitrógeno de NH_3 continuación	Superficiales; también se generan en los procesos de fabricación y tratamiento de textiles, plásticos, explosivos, pulpa, papel, alimentos, bebidas, productos de limpieza domésticos y refrigerantes. La presencia de amoníaco libre o ion amonio es considerado como una prueba química de contaminación reciente y peligrosa. Si el medio es aerobio el nitrógeno amoniacal se transforma en nitritos. El amoníaco es fácilmente biodegradable, las plantas lo absorben con mucha facilidad eliminándolo del medio, es un nutriente muy importante para su desarrollo, sin embargo, la presencia de elevadas concentraciones en las aguas superficiales puede causar graves daños en los seres vivos, ya que interfiere en el transporte de oxígeno por la hemoglobina (PRTR-España, 2007).
Nitrógeno de NO_3	El nitrato es inodoro e incoloro, altas cantidades pueden contaminar las fuentes de agua potable. Las fuentes comunes de nitrato son los fertilizantes, estiércol, composta y pozos sépticos. Los suelos rurales y de actividades agrícolas suelen contener altas cantidades de nitratos. El nitrato se mueve fácilmente a través del suelo llevado por el agua de lluvia y riego hasta las aguas subterráneas. Los pozos de agua para consumo humano ubicados en áreas agrícolas más vulnerables son aquellos que han sido construidos a poca profundidad, en suelos arenosos y que no fueron realizados de forma correcta o no cuentan con un buen mantenimiento. Altos niveles de nitrato interfieren con la habilidad de transportar oxígeno en la sangre, causando lo que se conoce como metemoglobina (Water Boards, 2013).
Nitrógeno de NO_2	Nitrito: compuesto soluble que contiene nitrógeno y oxígeno. En el ambiente el nitrito (NO_2) generalmente se convierte en nitrato (NO_3). El nitrito es considerado una etapa intermedia en el ciclo del nitrógeno; puede estar presente en el agua como resultado de la descomposición biológica de materiales proteicos. En aguas superficiales crudas las huellas de nitritos indican contaminación. También se puede producir el nitrito en las plantas de tratamiento o en los sistemas de distribución de agua como resultado de la acción de bacterias sobre el nitrógeno amoniacal. El nitrito puede entrar en un sistema de abastecimiento a través de su uso como inhibidor de corrosión en agua de proceso industrial. El nitrito es un agente etiológico potencial de metahemoglobinemia. El ácido nitroso, que se forma de nitritos en disolución ácida, puede reaccionar con aminas secundarias ($\text{RR}'\text{-NH}$) para formar nitrosaminas ($\text{RR}'\text{-N-N=O}$), muchas de las cuales son conocidas por ser potentes agentes carcinogénicos (Secretaría de Economía- SCFI, 2011).
Fósforo total y reactivo	El fósforo en los cuerpos de agua incluye formas orgánicas e inorgánicas que están presentes en el agua en forma disuelta o particulada. En el agua la combinación de formas cambia continuamente debido a los procesos de descomposición y síntesis (McNeely, et al., 1979). El fósforo en los sistemas acuáticos tiene su origen en fuentes naturales y antropogénicas; entre las naturales están la mineralización de algas u otros organismos, la disolución de fosfatos minerales. Entre las antropogénicas están las descargas de aguas residuales municipales e industriales y difusas como los arrastres de materiales en campos agrícolas fertilizados. El principal interés ambiental por el fósforo radica en su papel crítico en los procesos de eutroficación. El fósforo puede existir en una variedad de formas disueltas y particuladas. El fósforo total se utiliza comúnmente para regular las descargas de aguas residuales y representa la máxima cantidad potencialmente biodisponible que es descargada y el fósforo reactivo que corresponde a los ortofosfatos es un indicador de la cantidad de este elemento más fácilmente biodisponible (Monbet & McKelvie, 2013). Ramos et al. (2004) refieren que la concentración de ortofosfatos en agua continental puede variar entre 0.005 a 0.5 mg/l, lo que indica que las

	concentraciones determinadas en los tributarios son extraordinariamente grandes. Por otro lado McNeely, et al. (1979) recomiendan una concentración límite de 0.05 mg/ para ríos que llegan a lagos o presas, lo que hace que se requiera en el mediano plazo una reducción muy importante en las descargas de aguas residuales en la cuenca alta y en el largo plazo en las fuentes difusas.
Cloruros	El ion cloruro está presente en la mayor parte de las aguas de origen natural. Ramos et al. (2004) mencionan que en el agua epicontinental las concentraciones varían de 2 a 100 mg/l. Las descargas de aguas residuales contienen cloruros que provienen de la dieta; son aportados por la orina y heces humanas, por lo que su presencia indica contaminación por estas fuentes. Las altas concentraciones de cloruros en el agua que se usa o se reusa en el riego deteriora de forma importante la calidad del suelo e inhibe el crecimiento de las plantas. A nivel internacional se establecen límites a los cloruros para uso del agua en el riego, pero se tienen concentraciones dispares. Los criterios ecológicos de calidad del agua establecen un límite de 147.5 mg/l para este uso. La CONAMA (2004) indica una concentración de 200 mg/l de cloruros para riego restringido y por arriba de esta concentración en el agua se considera de mala calidad. (Espinisa, Alcalá, & Hernández, 2006) La Environmental Canadá (CEQG , 2002) establece un intervalo de uso entre 100 y 700 mg/l. La OGTG tiene establecido una concentración mayor de 400 mg/l para considerar al agua como altamente contaminada (Cakmak & Apaydin, 2010).
Sulfuros	Los sulfuros de hidrógeno (H ₂ S) y sus productos de disociación (HS ⁻ y S ₂ ⁻) pueden estar presentes en aguas naturales. Su abundancia depende del pH. En pH ácidos (5) el 99% de los sulfuros se presenta como sulfuro de hidrógeno; en pH neutro el sulfuro se divide equitativamente entre el sulfuro de hidrógeno y el ion sulfuro (HS ⁻), este último incrementa a mayor pH. El sulfuro de hidrógeno es compuesto soluble, altamente peligroso, con un olor característico al huevo podrido. Su toxicidad está asociada a su forma no disociada (H ₂ S), por lo tanto, a menor pH la toxicidad se incrementa al aumentar la forma no disociada. La descomposición anaeróbica de la materia orgánica que se da en los sedimentos es la mayor fuente de aportación de este compuesto. Se ha identificado que las industrias de la curtiduría, química, petroquímica, de pulpa y papel lo pueden descargar como residuo debido a que lo usan en los procesos productivos y en la precipitación química. Concentraciones altas como 0.7 mg/l se han registrado en sedimentos y concentraciones de 0.1 y a 0.02 mg/l son comunes en los primeros 20 mm de la columna de agua adyacente a estos. Bajo condiciones normales de pH y con oxígeno presente los sulfuros se oxidan a sulfatos. La peligrosidad del sulfuro de hidrógeno no disociado normalmente es transitoria. Una concentración baja de este compuesto de 0.002 mg/l no es dañina para peces y otros organismos acuáticos. Por arriba de ese valor representa peligro a largo plazo (McNeely et al, 1979).
Sulfatos	Los sulfatos (SO ₄ ²⁻) son la forma soluble en agua más estable y oxidada de los sulfuros. Son producidos por la oxidación bacteriana de compuestos de sulfuro reducidos. Los sulfatos en los cuerpos de agua pueden variar de unos pocos a cientos mg/l. No obstante, se ha identificado que existen altas concentraciones de sulfatos en aguas superficiales de zonas áridas o pozos donde los minerales de sulfatos están presentes. Esto se ha detectado en el acuífero de Puebla como consecuencia de su sobreexplotación. También pueden descargar sulfatos industrias como las tenerías, papeleras, textileras, de ácido sulfúrico y de trabajos metálicos, todas presentes en la cuenca alta de la presa. Así mismo, son aportados por vía atmosférica como producto de la combustión de gasolinas.
Dureza, CaCO ₃	La dureza de las aguas continentales se asocia con la presencia de sales disueltas de calcio y magnesio, principalmente en la forma de carbonatos-bicarbonatos y en menor grado por cloruros y nitratos.
Alcalinidad, CaCO ₃	La alcalinidad es una medida de la capacidad del agua para neutralizar un ácido. Indica la presencia de carbonatos, bicarbonatos, hidróxidos y con menor significancia de boratos, silicatos, fosfatos y sustancias orgánicas.
Grasas y aceites	Una elevada cantidad de grasas y aceites puede influir en la supervivencia de los organismos con respiración branquial ya que éstas, al adherirse, interfieren el intercambio gaseoso provocando la asfixia.
Detergentes, SAAM	Los detergentes tienen efectos sobre los rastrillos y lamelas de las branquias de los peces, así como con la tensión superficial del agua impidiendo el intercambio con la atmósfera.
RAS	Indica la actividad relativa de los iones en las reacciones de intercambio con el suelo, toma en cuenta los iones de sodio, calcio y magnesio.
Toxicidad	Indica la peligrosidad de desechos líquidos, sin saber cuáles o cuales son los tóxicos que promueven la toxicidad. El resultado es producto de las mezclas que se forman, en ellas se presentan fenómenos sinérgicos y antagónicos entre ellos. Se considera alta toxicidad (≥5 UT).

* Sólidos suspendidos totales

Fuente: Gutiérrez López, 2014, Morales, 2013

De acuerdo con CONAGUA (2008), en el año 1950 la calidad del agua del río Atoyac aún mantenía su condición pristina. Uno de los indicadores que han coadyuvado a conocer el grado de deterioro de los cuerpos de agua es su capacidad de asimilación y dilución, que es la capacidad de autodepuración que se obtiene de la diferencia entre el límite máximo de descarga y la carga actual aportada por las descargas de aguas residuales. Indica la cantidad de contaminantes que puede recibir un cuerpo de agua sin que rebase la meta de calidad; una capacidad de asimilación y dilución menor o igual a cero significa que dicho cuerpo no admite carga adicional del contaminante. Los valores positivos indican que la capacidad de asimilación y dilución no ha sido rebasada (CONAGUA, 2011). Ver Tabla 12.

Tabla 12 Carga de contaminantes, límites de descarga, capacidad de asimilación y dilución: río Atoyac, Xochiac y sus afluentes

Parámetro	Zona						
	1	2	3	3	4	5	6
	R. Atoyac	R. Atoyac	R. Atoyac	R. Xochiac	R. Atoyac	R. Atoyac	R. Atoyac
Grasas y aceites / Carga actual de contaminantes (kg/d)	160	2,015	1,357	1,004	604	648	10,521
Límites máximos de descarga por zonas clasificadas en el tercer plazo *	17	436	134	142	268	467	2,280
Capacidad de asimilación y dilución por zonas clasificadas (kg/d)	-143	-1,579	-1,223	-862	-337	-182	-8,242
Número de veces que sobrepasa el LMP	9.41	4.62	10.12	7.07	2.25	1.38	4.61
Sólidos suspendidos totales / Carga actual de contaminantes (kg/d)	856	10,912	7,491	2,825	3,345	6,284	31,082
Límites máximos de descarga por zonas clasificadas en el tercer plazo *	52	1,308	401	427	803	1,400	6,839
Capacidad de asimilación y dilución por zonas clasificadas (kg/d)	-804	-9,604	-7,089	-2,398	-2,542	-4,884	-24,243
Número de veces que sobrepasa el LMP	16.46	8.34	18.68	6.62	4.16	4.49	4.54
Demanda bioquímica de oxígeno (5 días) / Carga actual de contaminantes (kg/d)	631	12,905	5,215	7,596	3,746	7,951	28,365
Límites máximos de descarga por zonas clasificadas en el tercer plazo *	34	872	268	284	535	933	4,559
Capacidad de asimilación y dilución por zonas clasificadas (kg/d)	-597	-12,033	-4,948	-7,312	-3,211	-7,017	-23,806
Número de veces que sobrepasa el LMP	18.56	14.80	19.46	26.75	7.00	8.52	6.22
Nitrógeno total / Carga actual de contaminantes (kg/d)	57	2,580	648	429	356	1,708	6,799
Límites máximos de descarga por zonas clasificadas en el tercer plazo *	69	254	69	71	134	306	1,140
Capacidad de asimilación y dilución por zonas clasificadas (kg/d)	11.6	-2,326	-579	-358	-222	-1,402	-5,659
Número de veces que sobrepasa el LMP	0.83	10.16	9.39	6.04	2.66	5.58	5.96
Fósforo total / Carga actual de contaminantes (kg/d)	12	424	168	113	128	150	1,132
Límites máximos de descarga por zonas clasificadas en el tercer plazo *	3.9	31.8	14.9	10.4	19.5	41.9	166.4

Capacidad de asimilación y dilución por zonas clasificadas (kg/d)	-8.2	-392	-153	-103	-109	-109	-965
Número de veces que sobrepasa el LMP	3.08	13.33	11.28	10.87	6.56	3.58	6.80
Sustancias activas al azul de metileno (SAAM)/Carga actual de contaminantes (kg/d)	5	45	11	10	19	53	343
Límites máximos de descarga por zonas clasificadas en el tercer plazo *	0.2	4.4	1.3	1.4	2.7	5.1	23
Capacidad de asimilación y dilución por zonas clasificadas (kg/d)	-4.5	-40.1	-9.8	-8.4	-16.8	-47.9	-320
Número de veces que sobrepasa el LMP	25	10.23	8.46	7.14	7.04	10.39	14.91
Demanda química de oxígeno / Carga actual de contaminantes (kg/d)	1,379	27,033	22,944	13,455	7,896	19,662	53,889
Límites máximos de descarga por zonas clasificadas en el tercer plazo *	69	1,744	535	569	1,071	1,866	9,118
Capacidad de asimilación y dilución por zonas clasificadas (kg/d)	-1.310	-25.289	-22.409	-12,886	-6,826	-17,796	-44,771
Número de veces que sobrepasa el LMP	19.99	15.50	42.89	23.65	7.37	0.01	5.91
Sólidos disueltos totales / Carga actual de contaminantes (kg/d)	538	24,248	4,275	17,814	40,916	57,036	219,583
Límites máximos de descarga por zonas clasificadas en el tercer plazo *	861	22.228	7,825	7,110	14,437	24,884	116,249
Capacidad de asimilación y dilución por zonas clasificadas (kg/d)	323	-2,020	3,550	-10,704	-26.479	-32,151	-103,334
Número de veces que sobrepasa el LMP	0.62	1.09	0.55	2.51	2.83	2.29	1.89
Arsénico / Carga actual de contaminantes (kg/d)	0.06	1.14	0.15	0.61	1.04	0.33	2.78
Límites máximos de descarga por zonas clasificadas en el tercer plazo *	0.09	2.22	1.65	0.71	2.68	3.57	22.8
Capacidad de asimilación y dilución por zonas clasificadas (kg/d)	0.03	1.08	1.50	0.10	1.64	3.24	20.02
Número de veces que sobrepasa el LMP	0.67	0.51	0.09	0.86	0.39	0.09	0.12
Cadmio. / Carga actual de contaminantes (kg/d)	0.01	0.13	0.03	0.06	0.09	0.18	0.66
Límites máximos de descarga por zonas clasificadas en el tercer plazo *	0.01	0.18	0.06	0.06	0.11	0.21	0.95
Capacidad de asimilación y dilución por zonas clasificadas (kg/d)	0.00	0.05	0.03	0.00	0.02	0.03	0.29
Número de veces que sobrepasa el LMP	1.00	0.72	0.05	1.00	0.82	0.86	0.69
Cobre. / Carga actual de contaminantes (kg/d)	0.07	1.63	0.43	0.70	3.72	1.90	10.79
Límites máximos de descarga por zonas clasificadas en el tercer plazo *	0.09	2.22	0.79	0.71	1.57	2.47	11.76
Capacidad de asimilación y dilución por zonas clasificadas (kg/d)	0.02	0.59	0.36	0.01	-2.15	0.57	0.97
Número de veces que sobrepasa el LMP	0.78	0.73	0.54	0.99	2.37	0.77	0.92
Cromo. / Carga actual de contaminantes (kg/d)	0.06	1.61	0.42	0.70	1.03	1.91	8.26
Límites máximos de descarga por zonas clasificadas en el tercer plazo *	0.09	2.22	0.79	0.71	1.57	2.58	11.88
Capacidad de asimilación y dilución por zonas clasificadas (kg/d)	0.03	0.61	0.37	0.01	0.54	0.67	3.62
Número de veces que sobrepasa el LMP	0.67	0.73	0.53	0.99	0.66	0.74	0.70
Mercurio. / Carga actual de contaminantes (kg/d)	0.00	0.05	0.02	0.03	0.03	0.02	0.23
Límites máximos de descarga por zonas clasificadas en el tercer plazo *	0.001	0.02	0.01	0.01	0.01	0.02	0.11
Capacidad de asimilación y dilución por zonas clasificadas (kg/d)	0.00	-0.03	-0.01	-0.02	-0.02	0.00	-0.12
Número de veces que sobrepasa el LMP	0.00	2.50	2.00	3.00	3.00	1.00	2.09
Níquel. / Carga actual de contaminantes (kg/d)	0.16	6.29	1.68	2.78	4.41	6.68	33.02

Continuación Tabla 12. Carga de contaminantes, límites de descarga, capacidad de asimilación y dilución: río Atoyac, Xochiac y sus afluentes

Parámetro	Zona						
	1	2	3	3	4	5	6
	R. Atoyac	R. Atoyac	R. Atoyac	R. Xochiac	R. Atoyac	R. Atoyac	R. Atoyac
Límites máximos de descarga por zonas clasificadas en el tercer plazo *	3.4	71.4	26.8	15.7	53.5	93.3	333.5
Capacidad de asimilación y dilución por zonas clasificadas (kg/d)	3.28	65.08	25.07	12.91	49.13	86.63	300
Número de veces que sobrepasa el LMP	0.05	0.09	0.06	0.18	0.08	0.07	0.10
Plomo / Carga actual de contaminantes (kg/d)	0.03	0.97	0.25	0.42	0.62	1.33	4.95
Límites máximos de descarga por zonas clasificadas en el tercer plazo *	0.05	1.33	0.47	0.43	0.94	1.55	7.12
Capacidad de asimilación y dilución por zonas clasificadas (kg/d)	0.02	0.36	0.22	0.01	0.32	0.22	2.17
Número de veces que sobrepasa el LMP	0.60	0.73	0.53	0.98	0.66	0.86	0.70
Zinc / Carga actual de contaminantes (kg/d)	0.50	6.72	1.51	3.18	2.92	4.49	19.82
Límites máximos de descarga por zonas clasificadas en el tercer plazo *	0.2	5.3	1.8	1.7	3.2	6.1	28.4
Capacidad de asimilación y dilución por zonas clasificadas (kg/d)	-0.29	-1.39	0.26	-1.47	0.30	1.63	8.61
Número de veces que sobrepasa el LMP	2.5	1.27	0.84	1.87	0.91	0.74	0.70
Cianuros / Carga actual de contaminantes (kg/d)	0.01	0.16	0.08	0.09	0.35	0.30	0.82
Límites máximos de descarga por zonas clasificadas en el tercer plazo *	0.01	0.22	0.08	0.07	0.15	0.24	1.17
Capacidad de asimilación y dilución por zonas clasificadas (kg/d)	0.00	0.06	0.00	-0.02	-0.20	-0.06	0.35
Número de veces que sobrepasa el LMP	1.00	0.73	1.00	1.29	2.33	1.25	0.70
Nitrógeno amoniacal / Carga actual de contaminantes (kg/d)	24	1,604	296	179	58	1,125	4,934
Límites máximos de descarga por zonas clasificadas en el tercer plazo *	2.7	21.8	6.7	7.1	13.4	26.9	114.0
Capacidad de asimilación y dilución por zonas clasificadas (kg/d)	-20.89	-1,582	-289	-172	-44.55	-1,098	-4,820
Número de veces que sobrepasa el LMP	8.89	73.58	44.18	25.21	4.33	41.82	43.28
Fenoles / Carga actual de contaminantes (kg/d)	0.01	4.57	0.27	0.59	0.90	1.95	12.76
Límites máximos de descarga por zonas clasificadas en el tercer plazo *	0.02	0.44	0.15	0.14	0.28	0.5	2.33
Capacidad de asimilación y dilución por zonas clasificadas (kg/d)	0.01	-4.13	-0.12	-0.45	-0.62	-1.45	-10.43
Número de veces que sobrepasa el LMP	0.5	10.39	1.80	4.21	3.21	3.90	5.48
Sulfatos / Carga actual de contaminantes (kg/d)	161	5,492	1,265	4,249	6,207	9,439	25,682
Límites máximos de descarga por zonas clasificadas en el tercer plazo *	431	10,901	3,344	3,555	6,692	11,664	56,988
Capacidad de asimilación y dilución por zonas clasificadas (kg/d)	269	5,410	2,079	-694	485	2,226	31,307
Número de veces que sobrepasa el LMP	0.37	0.50	0.38	1.20	0.93	0.00	0.45
Fierro / Carga actual de contaminantes (kg/d)	2.20	28.04	27.98	9.6	11	119	67
Límites máximos de descarga por zonas clasificadas en el tercer plazo *	0.5	13.3	4.5	4.3	8.0	15.2	74.8

Continuación Tabla 12. Carga de contaminantes, límites de descarga, capacidad de asimilación y dilución: río Atoyac, Xochiac y sus afluentes

Parámetro	Zona						
	1	2	3	3	4	5	6
	R. Atoyac	R. Atoyac	R. Atoyac	R. Xochiac	R. Atoyac	R. Atoyac	R. Atoyac
Capacidad de asimilación y dilución por zonas clasificadas (kg/d)	-1.68	-14.70	-23.49	-5.28	-2.96	-104	8.21
Número de veces que sobrepasa el LMP	4.4	2.11	6.22	2.23	1.38	7.83	0.90
Cloruros / Carga actual de contaminantes (kg/d)	269	7,952	2,127	3,024	4,322	5,521	19,465
Límites máximos de descarga por zonas clasificadas en el tercer plazo *	431	11,114	4,556	3,555	10,323	15,072	65,841
Capacidad de asimilación y dilución por zonas clasificadas (kg/d)	161	3,162	2,430	531	6,001	9,552	46,376
Número de veces que sobrepasa el LMP	0.62	0.72	0.47	0.85	0.42	0.37	0.30
Benceno / Carga actual de contaminantes (kg/d)	0.00	0.03	0.01	0.01	0.02	0.03	0.17
Límites máximos de descarga por zonas clasificadas en el tercer plazo *	0.17	1.2	1.34	0.25	2.68	2.79	5.32
Capacidad de asimilación y dilución por zonas clasificadas (kg/d)	0.17	1.17	1.33	0.24	2.66	2.76	5.15
Número de veces que sobrepasa el LMP	0	0.03	0.01	0.04	0.01	0.01	0.03
Tolueno / Carga actual de contaminantes (kg/d)	0.02	0.64	0.17	0.28	0.36	0.68	3.31
Límites máximos de descarga por zonas clasificadas en el tercer plazo *	1.6	24.0	12.3	5.1	24.6	42.9	108.4
Capacidad de asimilación y dilución por zonas clasificadas (kg/d)	1.56	23.38	12.14	4.81	24.27	42.26	103
Número de veces que sobrepasa el LMP	0.01	0.03	0.01	0.05	0.01	0.02	0.03
Etilbenceno / Carga actual de contaminantes (kg/d)	0.01	0.32	0.09	0.14	0.21	0.34	1.65
Límites máximos de descarga por zonas clasificadas en el tercer plazo *	1.7	12.0	13.4	2.6	26.8	27.9	53.2
Capacidad de asimilación y dilución por zonas clasificadas (kg/d)	1.71	11.69	13.29	2.41	26.56	27.59	51.51
Número de veces que sobrepasa el LMP	0.006	0.03	0.01	0.05	0.01	0.01	0.03
Xilenos / Carga actual de contaminantes (kg/d)	0.03	0.97	0.25	0.42	0.62	1.00	4.95
Límites máximos de descarga por zonas clasificadas en el tercer plazo *	3.4	36.0	26.8	7.6	53.5	83.8	159.5
Capacidad de asimilación y dilución por zonas clasificadas (kg/d)	3.41	35.06	26.50	7.22	52.92	82.78	155
Número de veces que sobrepasa el LMP	0.01	0.03	0.01	0.06	0.01	0.01	0.03
Sulfuros / Carga actual de contaminantes (kg/d)	0.00	91.96	0.71	81.08	2.660	2.92	0.33
Límites máximos de descarga por zonas clasificadas en el tercer plazo *	0.004	0.090	0.030	0.030	0.050	0.100	0.470
Capacidad de asimilación y dilución por zonas clasificadas (kg/d)	0.00	-91.87	-0.68	-81.05	-2,660	-2.82	0.14
Número de veces que sobrepasa el LMP	0.00	1,021.78	23.667	2,702.67	53.20	29.20	0.70
Aluminio / Carga actual de contaminantes (kg/d)	1.86	9.18	13.17	0.28	110	209	189
Límites máximos de descarga por zonas clasificadas en el tercer plazo *	0.8	4.7	6.3	1.1	12.3	10.1	21.5
Capacidad de asimilación y dilución por zonas clasificadas (kg/d)	-1.07	-4.45	-6.85	0.81	-98.0	-199	-167

Continuación Tabla 12. Carga de contaminantes, límites de descarga, capacidad de asimilación y dilución: río Atoyac, Xochiac y sus afluentes

Parámetro	Zona						
	1	2	3	3	4	5	6
	R. Atoyac	R. Atoyac	R. Atoyac	R. Xochiac	R. Atoyac	R. Atoyac	R. Atoyac
Número de veces que sobrepasa el LMP	2.33	1.95	2.09	0.25	8.94	20.69	8.79
Manganeso / Carga actual de contaminantes (kg/d)	0.57	3.13	1.97	0.14	11.02	9.11	20.01
Límites máximos de descarga por zonas clasificadas en el tercer plazo *	0.02	0.44	0.15	0.14	0.30	0.49	2.33
Capacidad de asimilación y dilución por zonas clasificadas (kg/d)	-0.55	-2.69	-1.82	0.00	-10.72	-8.62	-17.68
Número de veces que sobrepasa el LMP	28.5	7.11	13.13	1.00	36.73	18.59	8.59
Cloruro de metilo / Carga actual de contaminantes (kg/d)	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.03	0.10
Límites máximos de descarga por zonas clasificadas en el tercer plazo *	0.0003	0.0100	0.0005	0.0027	0.0100	0.0100	0.0400
Capacidad de asimilación y dilución por zonas clasificadas (kg/d)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.02	-0.06
Número de veces que sobrepasa el LMP	0	1.00	0.00	0.00	1.00	3.00	2.50
Cloroformo / Carga actual de contaminantes (kg/d)	0.93	0.10	0.03	0.27	0.17	0.17	0.57
Límites máximos de descarga por zonas clasificadas en el tercer plazo *	0.3	3.6	2.7	0.8	5.4	8.4	15.9
Capacidad de asimilación y dilución por zonas clasificadas (kg/d)	-0.59	3.50	2.65	0.49	5.18	8.19	15.35
Número de veces que sobrepasa el LMP	3.1	0.03	0.01	0.34	0.03	0.02	0.04
Cloruro de vinilo / Carga actual de contaminantes (kg/d)	0.00	0.07	0.02	0.03	4.78	0.07	0.33
Límites máximos de descarga por zonas clasificadas en el tercer plazo *	0.002	0.090	0.030	0.030	0.080	0.100	0.460
Capacidad de asimilación y dilución por zonas clasificadas (kg/d)	0.00	0.02	0.01	0.00	-4.72	0.03	0.13
Número de veces que sobrepasa el LMP	0	0.78	0.67	1.00	59.75	0.70	0.72
1,2 Diclorobenceno / Carga actual de contaminantes (kg/d)	0.00	0.03	0.01	0.06	0.02	0.03	0.16
Límites máximos de descarga por zonas clasificadas en el tercer plazo *	0.17	1.20	1.34	0.25	2.68	2.79	5.31
Capacidad de asimilación y dilución por zonas clasificadas (kg/d)	0.17	1.17	1.33	0.19	2.68	2.76	5.15
Número de veces que sobrepasa el LMP	0	0.03	0.01	0.24	0.01	0.01	0.03
1,3 Diclorobenceno / Carga actual de contaminantes (kg/d)	0.00	0.03	0.01	0.01	0.02	0.03	0.17
Límites máximos de descarga por zonas clasificadas en el tercer plazo *	0.17	1.20	1.34	0.25	2.68	2.79	5.32
Capacidad de asimilación y dilución por zonas clasificadas (kg/d)	0.17	1.17	1.33	0.24	2.68	2.76	5.15
Número de veces que sobrepasa el LMP	0	0.03	0.01	0.04	0.01	0.01	0.03
1,4 Diclorobenceno / Carga actual de contaminantes (kg/d)	0.00	0.03	0.01	0.01	0.02	0.03	0.16

Continuación Tabla 12. Carga de contaminantes, límites de descarga, capacidad de asimilación y dilución: río Atoyac, Xochiac y sus afluentes

Parámetro	Zona						
	1	2	3	3	4	5	6
	R. Atoyac	R. Atoyac	R. Atoyac	R. Xochiac	R. Atoyac	R. Atoyac	R. Atoyac
Límites máximos de descarga por zonas clasificadas en el tercer plazo *	0.17	1.20	1.34	0.25	2.68	2.79	5.31
Capacidad de asimilación y dilución por zonas clasificadas (kg/d)	0.17	1.17	1.33	0.24	2.66	2.76	5.15
Número de veces que sobrepasa el LMP	0.00	0.03	0.01	0.04	0.01	0.01	0.03
1,2 Dicloroetano / Carga actual de contaminantes (kg/d)	0.01	0.22	0.06	0.09	0.15	0.23	1.14
Límites máximos de descarga por zonas clasificadas en el tercer plazo *	0.2	4.4	1.3	1.4	2.7	4.7	22.8
Capacidad de asimilación y dilución por zonas clasificadas (kg/d)	0.16	4.14	1.28	1.33	2.53	4.44	21.66
Número de veces que sobrepasa el LMP	0.05	0.05	0.05	0.06	0.06	0.05	0.05
Tetracloroetileno / Carga actual de contaminantes (kg/d)	0.00	0.17	0.05	0.07	0.10	0.17	0.82
Límites máximos de descarga por zonas clasificadas en el tercer plazo *	0.3	6.0	2.7	1.3	5.4	9.3	26.6
Capacidad de asimilación y dilución por zonas clasificadas (kg/d)	0.34	5.84	2.63	1.20	5.25	9.16	25.76
Número de veces que sobrepasa el LMP	0.00	0.03	0.02	0.05	0.02	0.02	0.03
Bis 2 (etil hexil) ftalato / Carga actual de contaminantes (kg/d)	0.01	10.88	0.02	0.04	2.42	0.12	13.93
Límites máximos de descarga por zonas clasificadas en el tercer plazo *	0.01	0.13	0.04	0.04	0.08	0.15	0.71
Capacidad de asimilación y dilución por zonas clasificadas (kg/d)	0.00	-10.8	0.02	0.00	-2.34	0.03	-13.22
Número de veces que sobrepasa el LMP	1.00	83.69	0.50	1.00	30.25	0.80	19.62
Dietil ftalato / Carga actual de contaminantes (kg/d)	0.01	0.09	0.03	0.04	0.06	0.10	3.87
Límites máximos de descarga por zonas clasificadas en el tercer plazo *	0.01	0.13	0.05	0.04	0.09	0.15	0.71
Capacidad de asimilación y dilución por zonas clasificadas (kg/d)	0.00	0.04	0.02	0.00	0.03	0.05	-3.16
Número de veces que sobrepasa el LMP	1.00	0.69	0.60	1.00	0.67	0.67	5.45
Nitrobenceno / Carga actual de contaminantes (kg/d)	0.03	0.97	0.25	0.42	0.61	1.30	4.95
Límites máximos de descarga por zonas clasificadas en el tercer plazo *	0.05	1.33	0.47	0.43	1.18	1.71	7.30
Capacidad de asimilación y dilución por zonas clasificadas (kg/d)	0.02	0.36	0.22	0.01	0.57	0.41	2.35
Número de veces que sobrepasa el LMP	0.60	0.73	0.53	0.98	0.52	0.76	0.68

Fuente: CONAGUA, 2011.

Como puede observarse en la Tabla 13, de 40 parámetros analizados en siete sitios del río Atoyac y sus afluentes 22 han rebasado desde 1.01 hasta 2 702.67 veces su capacidad de asimilación. En la Tabla 13 se muestra en orden descendente el mayor número de veces que se rebasa dicha capacidad:

Tabla 13 Parámetros, cantidad mayor de veces que se sobrepasa la capacidad de asimilación del río Atoyac y sus afluentes.

Parámetro	Veces que se sobrepasa la capacidad de asimilación
Sulfuros	2,702.67
Bis2 (etil hexil) ftalato	83.69
Nitrogeno amoniacal	73.58
Clorulo de vinilo	59.75
Demanda química de oxigeno	42.89
Manganeso	36.73
Demanda bioquímica de oxigeno (5 días)	26.75
Sustancias activas al azul de metileno (SAAM)	25.00
Aluminio	20.69
Sólidos suspendidos totales	18.68
Fosfóro total	13.33
Fenoles	10.39
Nitrogeno total	10.16
Grasas y aceites	10.12
Fierro	7.83
Dietil ftalato	5.45
Cloroformo	3.10
Mercurio	3.00
Solidos disueltos totales	2.83
Zinc	2.50
Cianuros	2.33
Sulfatos	1.20

Fuente: CONAGUA, 2011.

Es necesario revertir esta situación porque, además de la pérdida de capacidad de autopurificación del cuerpo de agua la presencia de contaminantes tiene efectos en la salud (solo se mencionaran algunos). En el caso de los sulfuros concentraciones de hasta 0.002 mg/l no son dañinas para muchos peces y otros organismos acuáticos, arriba de esta concentración puede generar efectos tóxicos a largo plazo. Al gas sulfuro de hidrogeno se le ha señalado como causa de muerte en trabajadores de sistemas de alcantarillado sanitario, así como fatiga, dolores de cabeza, irritación en ojos y garganta (Caros Group, 2017).

El Bis2 (etil hexil) ftalato es una sustancia química manufacturada que es añadida a los plásticos para hacerlos más flexibles; no se evapora ni disuelve en agua fácilmente a menos que esta contenga gas, aceites o removedores de pintura. Tampoco se degrada fácilmente en el fondo de suelos, lagos o ríos. Estudios hechos con animales sometidos a grandes exposiciones de esta sustancia han reportado daño hepático, renal y alteración en la capacidad de reproducción (ATSDR, 2016).

El nitrógeno amoniacal tiene efectos tóxicos en especies acuáticas; disminuye la respuesta inmunológica de los organismos induciendo patologías que pueden conducir a la muerte; reduce la habilidad de osmoregulación que se manifiesta en inhibición de los ciclos reproductivos. En los seres humanos se ha relacionado con la metahemoglobinemia, enfermedad que se manifiesta en bebés de hasta cuatro meses de edad que han consumido agua con altas concentraciones de nitritos, manifestando cianosis, taquicardia, convulsiones, asfixia y la muerte. Mensinga, Speijers, & Meulenbelt (2003), sugieren que la ingestión prolongada de nitratos y nitritos podría contribuir al desarrollo de linfomas y cánceres, enfermedades coronarias, infecciones del tracto respiratorio y malformaciones en recién nacidos.

El cloruro de vinilo es un gas incoloro, una sustancia manufacturada que se usa para fabricar cloruro de polivinilo (PVC). Se evapora rápidamente de la superficie del agua y el suelo; respirarlo puede provocar desde mareo o somnolencia hasta desmayo, incluso la muerte, dependiendo de los niveles de concentración en aire y el tiempo de exposición. La exposición por tiempos prolongados (años) se ha relacionado con alteraciones en hígado, sistema nervioso, reacciones inmunológicas, cáncer en hígado, cerebro, pulmones y sangre (ATSDR, 2016 (a)); los metabolitos del cloruro de vinilo son genotóxicos, actúan directamente con el ADN (BVSDE, 2003).

Los reportes más recientes de CONAGUA (2017), analizan 93 sitios de la Cuenca del Alto Atoyac, 55 de ellos localizados en Puebla, 28 en Tlaxcala, tres en la presa de Valsequillo y siete en la presa Atlangatepec; corresponden al periodo 2012-2016 para DBQ, DQO, SST, coliformes fecales, Eschericia Coli, saturación de oxígeno disuelto (OD), grado de toxicidad y clasificación por nivel de contaminación expresado en el semáforo de calidad del agua. Los resultados se exponen en las tablas 14 y 15:

Tabla 14 Toxicidad, semáforo y resumen de contaminantes que sobrepasan los LMP.

			SUB	TOX	CALIDAD	TOX	CALIDAD		
Nombre del sitio/cuerpo de agua	ED	MUNICIPIO	TIPO	D_48_UT	TOX_D_48	V_15_UT	TOX_V_15	SEM AFORO	CONTAMINANTES
Antes de la confluencia con el río Atoyac (arroyo Atenco.)	PU E	Ocoyucan	Río	5.5	Alta	15.3374	Alta	Rojo	DBO,DQO,SST, CF,E_COLI,OD %L,TOX_L,
Arroyo Metlapanapa	PU E	San Pedro Cholula	arroyo	<1	No tóxico	8.46	Alta	Rojo	DBO,DQO,SST, CF,E_COLI,TOX_L
Santa María Coronango (Arroyo Prieto)	PU E	San Martín Coronango	arroyo	<1	No tóxico	1.2	Baja	Rojo	DQO,SST,CF,OD %L
Arroyo Prieto	PU E	San Pedro Cholula	arroyo	1.77	Moderada	3.29	Moderada	Rojo	DBO,DQO,CF,OD %L
Arroyo Zapatero	PU E	San Andrés Cholula	arroyo	2.46	Moderada	6.3	Alta	Rojo	DBO,DQO,SST, CF,E_COLI,OD %L,TOX_L
Río Nexapa 1 (barranca Acuexcontitla)	PU E	Huejotzingo	río	<1	No tóxico	<1	No tóxico	Verde	
Barranca Honda	PU E	Puebla	río	3.26	Moderada	7.46	Alta	Rojo	DBO,DQO,SST, CF,E_COLI,OD %L,TOX_L
Er4 barranca Manzanilla	PU E	Puebla	río	9.56938	Alta	66.23	Alta	Rojo	DBO,DQO,SST, CF,E_COLI,OD %L,TOX_L,
Er5 barranca Micxatlalt	PU E	Puebla	río	8.09717	Alta	38.76	Alta	Rojo	DBO,DQO,SST, CF,E_COLI,OD %L,TOX_L
Er3 Barranca san Antonio, aguas arriba de barranca Manzanilla	PU E	Puebla	río	5.88	Alta	31.25	Alta	Rojo	DBO,DQO,CF,E _COLI,OD %L,TOX_L,
Er2 barranca San Antonio, aguas abajo de Colector Industrial Puebla 2000	PU E	Puebla	río	8.65801	Alta	13.42	Alta	Rojo	DBO,DQO,CF,E _COLI,OD %L,TOX_L,
Sabormex, S.A. de C.V. (antes Cafés de Veracruz, S. A de C. V.) (aguas abajo) (barranca San Antonio)	PU E	Puebla	descarga	5.35	Alta	49.26	Alta	Rojo	DBO,DQO,SST, CF,E_COLI,OD %L,TOX_L,

			SUB	TOX	CALIDAD	TOX	CALIDAD		
Nombre del sitio/cuerpo de agua	EDU	MUNICIPIO	TIPO	D_48_UT	TOX_D_48	V_15_UT	TOX_V_15	SEM AFORO	CONTAMINANTES
Sabormex, S.A. de C.V. (antes Cafés de Veracruz, S. A de C. V.) (aguas abajo) (barranca San Antonio)	PUE	Puebla	descarga	2.56	Moderada	34.6	Alta	Rojo	DBO,DQO,CF,E_COLI,OD%L,TOX_L,
Er1 barranca San Antonio, aguas arriba de Colector Industrial Resurrección (barranca san Antonio)	PUE	Puebla	río	18.4162	Alta	32.8947	Alta	Rojo	DBO,DQO,CF,E_COLI,OD%L,TOX_L,
Er6 barranca san Diego los Álamos	PUE	Puebla	río	4.22654	Moderada	13.23	Alta	Rojo	DBO,DQO,SST,CF,E_COLI,OD%L,TOX_L,
Er7 río Alseseca, antes del colector subterráneo a ptar Alseseca sur	PUE	Puebla	río	5.24	Alta	22.68	Alta	Rojo	DBO,DQO,SST,CF,E_COLI,OD%L,TOX_L,
Er9 río Alseseca, antes de confluencia con presa Manuel Ávila Camacho	PUE	Puebla	río	2.59	Moderada	7.08	Alta	Rojo	DBO,DQO,SST,CF,E_COLI,OD%L,TOX_L,

Continuación Tabla 14. Toxicidad, semáforo y resumen de contaminantes que sobrepasan los LMP

			SUB	TOX	CALIDAD	TOX	CALIDAD		
Nombre del sitio/cuerpo de agua	ED O	MUNICIPIO	TIPO	D_48_UT	TOX_D_48	V_15_UT	TOX_V_15	SEMAFORO	CONTAMINANTES
Río Alseseca, Colonia la Hacienda	PU E	Puebla	río	1.37	Moderada	7.07	Alta	Rojo	DBO,DQO,C F,E_COLI,OD%L,TOX_L
Totimehuacán (río Alseseca)	PU E	Puebla	río	4.63177	Moderada	10.5152	Alta	Rojo	DBO,DQO,C F,E_COLI,OD%L,TOX_L
Alseseca san Francisco Totimehuacán, p1 (22)	PU E	Puebla	río	4.01	Moderada	9.46	Alta	Rojo	DBO,DQO,ST,CF,E_COLI,OD%L,TOX_L
Er8 río Alseseca, aguas arriba de la descarga ptar Alseseca sur	PU E	Puebla	río	4.05	Moderada	9.5511	Alta	Rojo	DBO,DQO,C F,E_COLI,OD%L,TOX_L
Puebla Alseseca (a) aguas arriba	PU E	Puebla	río	2.34	Moderada	14.25	Alta	Rojo	DBO,DQO,ST,CF,E_COLI,OD%L,TOX_L
Puente san Francisco Totimehuacán (río Alseseca)	PU E	Puebla	río	4.57	Moderada	33.11	Alta	Rojo	DBO,DQO,C F,E_COLI,OD%L,TOX_L
Río Atotonilco	PU E	San salvador el Verde	río	<1	No tóxico	3.01	Moderada	Rojo	DQO,CF,E_COLI,
Después de la confluencia con el río san Francisco (río Atoyac)	PU E	Puebla	río	2.18	Moderada	8.02	Alta	Rojo	DBO,DQO,ST,CF,E_COLI,OD%L,TOX_L
Aguas abajo de la descarga textil Zaldo (río Atoyac)	PU E	Cuautlancingo	río	1.05519	Baja	9.04	Alta	Rojo	DBO,DQO,ST,CF,E_COLI,OD%L,TOX_L
La autopista p1 (24) (río Atoyac)	PU E	Puebla	río	1.01	Baja	8.4	Alta	Rojo	DBO,DQO,ST,CF,E_COLI,TOX_L,

Continuación Tabla 14. Toxicidad, semáforo y resumen de contaminantes que sobrepasan los LMP

			SUB	TOX	CALIDAD	TOX	CALIDAD		
Nombre del sitio/cuerpo de agua	ED O	MUNICIPIO	TIPO	D_48_UT	TOX_D_48	V_15_UT	TOX_V_15	SEMAF ORO	CONTAMIN ANTES
Antes de la planta de tratamiento Barranca del Conde (río Atoyac)	PU E	Cuautlancingo	río	2.08	Moderada	31.65	Alta	Rojo	DBO,DQO,S ST,CF,E_CO LI,TOX_L,
Ra-17 río Atoyac, aguas abajo de la Barranca del Conde	PU E	Cuautlancingo	río	1.64393	Moderada	3.36	Moderada	Rojo	DBO,DQO,S ST,CF,E_CO LI,
Ra-1 río Atoyac, antes Tlahuapan (estación testigo)	PU E	Tlahuapan	arroy o	<1	No tóxico	<1	No tóxico	Rojo	DQO,CF,E_ COLI,
Aguas abajo del colector Panzacola (río Atoyac)	PU E	Cuautlancingo	río	<1	No tóxico	9.33	Alta	Rojo	DBO,DQO,S ST,CF,E_CO LI,OD%L,T OX_L,
Antes de la confluencia con el río Atotonilco (río Atoyac)	PU E	San Salvador el Verde	río	<1	No tóxico	1.39	Moderada	Amarillo	CF,E_COLI,
Antes de la unión del río Tlanalapan p1(12) (río Atoyac)	PU E	San Martín Texmelucan	río	4.36	Moderada	18.21	Alta	Rojo	DBO,DQO,C F,E_COLI,O D%L,TOX_L
Puente carretera san Martín-Tlaxcala p1(15) (río Atoyac)	PU E	San Martín- Texmelucan	río	<1	No tóxico	10.54 96	Alta	Rojo	DBO,DQO,C F,OD%L,TO X_L,
Ra-8 río Xochiac, aguas arriba de la confluencia con Colector el Carmen (río Atoyac)	PU E	Huejotzingo	río	1.47254	Moderada	9.78	Alta	Rojo	DQO,CF,TO X_L,
Atoyac La Carmelita p1 (26)	PU E	Puebla	río	1.66	Moderada	19.01	Alta	Rojo	DBO,DQO,S ST,CF,E_CO LI,OD%L,T OX_L,
Ra-21 río Atoyac, antes de la derivadora Echeverría	PU E	Puebla	río	1.32	Baja	4.68	Moderada	Rojo	DBO,DQO,S ST,CF,E_CO LI,OD%L,
Echeverría antes de la planta de tratamiento Atoyac sur	PU E	Puebla	río	1.5674	Moderada	8.76	Alta	Rojo	DBO,DQO,S ST,CF,E_CO LI,OD%L,T OX_L,

Continuación Tabla 14. Toxicidad, semáforo y resumen de contaminantes que sobrepasan los LMP

			SUB	TOX	CALIDAD	TOX	CALIDAD		
Nombre del sitio/cuerpo de agua	ED O	MUNICIPIO	TIPO	D_48_UT	TOX_D_48	V_15_UT	TOX_V_15	SEMAFORO	CONTAMINANTES
Río Xochiac, aguas abajo del colector El Carmen, confluencia con río Xochiac (río Atoyac)	PU E	San Martín Texmelucan	río	7.26744	Alta	20.3666	Alta	Rojo	DBO,DQO,C F,E_COLI,OD%L,TOX_L
Hidrométrica Echeverría p1 (28) (río Atoyac)	PU E	Puebla	río	1.97	Moderada	7.36	Alta	Rojo	DBO,DQO,S ST,CF,E_COLI,OD%L,TOX_L
Ampliación Unión Antorchista (río Atoyac)	PU E	Puebla	río	1.57	Moderada	9.76	Alta	Rojo	DBO,DQO,S ST,CF,E_COLI,OD%L,TOX_L
Confluencia río Atoyac y san Francisco	PU E	Puebla	río	4.95	Moderada	14.95	Alta	Rojo	DBO,DQO,C F,E_COLI,OD%L,TOX_L
Antes de la confluencia con el arroyo Rabanillo (Puente de México)(río Atoyac)	PU E	Puebla	río	1.78827	Moderada	10.5708	Alta	Rojo	DBO,DQO,S ST,CF,E_COLI,OD%L,TOX_L
Santa María Texmelucan (río Atoyac)	PU E	Tlahuapan	río	<1	No tóxico	<1	No tóxico	Verde	
Ra-12 río Atoyac, antes de la confluencia con el río Zahuapan	PU E	Cuatlaningo	río	1.58278	Moderada	7.78	Alta	Rojo	DBO,DQO,C F,E_COLI,OD%L,TOX_L
Af-1 río Chiquito	PU E	San Martín Texmelucan	río	3.21	Moderada	7.1736	Alta	Rojo	DBO,DQO,C F,OD%L,TOX_L
Río Cotzala	PU E	San Martín Texmelucan	río	<1	No tóxico	10.74	Alta	Rojo	DBO,DQO,C F,E_COLI,TOX_L
Río Rabanillo	PU E	San Pedro Cholula	río	<1	No tóxico	5.58	Alta	Rojo	DBO,DQO,S ST,CF,E_COLI,OD%L,TOX_L

Continuación Tabla 14. Toxicidad, semáforo y resumen de contaminantes que sobrepasan los LMP

			SUB	TOX	CALIDAD	TOX	CALIDAD		
Nombre del sitio/cuerpo de agua	EDU	MUNICIPIO	TIPO	D_48_UT	TOX_D_48	V_15_UT	TOX_V_15	SEMAFORO	CONTAMINANTES
Ra-19 río san Francisco, antes de la confluencia con el río Atoyac	PU	Puebla	río	5.17	Alta	10.45	Alta	Rojo	DBO,DQO,C F,E_COLI,OD%L,TOX_L,
Ra-9 río Xochiac, antes de la confluencia con el río Atoyac	PU	Huejotzingo	río	4.92	Moderada	16.72	Alta	Rojo	DBO,DQO,C F,E_COLI,TOX_L,
Río Xochiac alfuente de río Atoyac	PU	San Martín Texmelucan	río	<1	No tóxico	7.04	Alta	Rojo	DBO,DQO,C F,OD%L,TOX_L,
Río Tlapalac, antes de confluencia con río Atoyac	PU	Cuatlaningo	río	5.32765	Alta	18.73	Alta	Rojo	DBO,DQO,C F,E_COLI,OD%L,TOX_L,
Procter & Gamble Manufactura, S de R L de CV. (aguas abajo) (arroyo Atlixata)	TALA	Yauhquemecan	arroyo	9.74659	Alta	2.75	Moderada	Rojo	DBO,DQO,C F,E_COLI,OD%L,TOX_L,
Procter & Gamble Manufactura, S de R L de CV. (aguas arriba) (arroyo Atlixata)	TALA	Yauhquemecan	desca rga	7.13776	Alta	10.2491	Alta	Rojo	DBO,DQO,C F,E_COLI,OD%L,TOX_L,
Af-3 arroyo Capuente	TALA	Tepetitla de Lardizábal	río	<1	No tóxico	2.31	Moderada	Rojo	DQO,CF,E_COLI,OD%L,
Af-4 arroyo Zanja Real	TALA	Tepetitla de Lardizábal	arroyo	<1	No tóxico	5.96	Alta	Rojo	DBO,DQO,C F,E_COLI,OD%L,TOX_L,
Af-6 barranca Atlapltz	TALA	Tenancingo	río	1.08802	Baja	8.95	Alta	Rojo	DBO,DQO,C F,E_COLI,TOX_L,
Barranca Huehuetitla, antes de la confluencia con el río Zahuapan	TALA	Totolac	río	<1	No tóxico	2.09	Moderada	Rojo	DBO,DQO,C F,E_COLI,
Río Atenco, antes de confluencia con río Zahuapan	TALA	Amaxác de Guerrero	río	<1	No tóxico	3.17	Moderada	Rojo	DBO,DQO,C F,E_COLI,OD%L,

Continuación Tabla 14. Toxicidad, semáforo y resumen de contaminantes que sobrepasan los LMP

			SUB	TOX	CALIDAD	TOX	CALIDAD		
Nombre del sitio/cuerpo de agua	ED	MUNICIPIO	TIPO	D_48_UT	TOX_D_48	V_15_UT	TOX_V_15	SEMAFORO	CONTAMINANTES
Atoyac-Panzacola (río Atoyac)	TLAX	Papalotla de Xicohténcatl	Río	1.57	Moderada	20.41	Alta	Rojo	DBO,DQO,C F,E_COLI,TOX_L,
Af-2 ptar dm Villalta (río Atoyac)	TLAX	Tepetitla de Lardizábal	Río	<1	No tóxico	13.61	Alta	Rojo	DBO,DQO,C F,E_COLI,OD%L,TOX_L,
Ra-5 río Atoyac, aguas arriba de la barranca Cruztitla	TLAX	Tepetitla de Lardizábal	Río	<1	No tóxico	10.26	Alta	Rojo	DBO,DQO,C F,E_COLI,OD%L,TOX_L,
Ra-7 río Atoyac, antes de la confluencia con el río Xochiac	TLAX	Nativitas	Río	<1	No tóxico	3.45	Moderada	Rojo	DBO,DQO,C F,E_COLI,OD%L,
Río de los Negros, antes de confluencia con río Zahuapan	TLAX	Tlaxcala	Río	3.84	Moderada	5.57	Alta	Rojo	DBO,DQO,C F,E_COLI,OD%L,TOX_L,
Af-5 río san Ignacio	TLAX	Nativitas	río	<1	No tóxico	3.55	Moderada	Rojo	DQO,CF,E_COLI,OD%L,
Río Texcalac, antes de la confluencia con el río Atenco	TLAX	Apizaco	río	3.85	Moderada	12.27	Alta	Rojo	DBO,DQO,C F,E_COLI,OD%L,TOX_L,
Río Totolac, antes de la confluencia con el río Zahuapan	TLAX	Nativitas	Río	<1	No tóxico	2.17	Moderada	Rojo	DQO,CF,E_COLI,OD%L,
Río Viejo, antes de la confluencia con el río Zahuapan (río Viejo)	TLAX	Zacatelco	Río	1.38581	Moderada	6.69	Alta	Rojo	DBO,DQO,C F,E_COLI,OD%L,TOX_L,

Continuación Tabla 14. Toxicidad, semáforo y resumen de contaminantes que sobrepasan los LM

			SUB	TOX	CALIDAD	TOX	CALIDAD		
Nombre del sitio/cuerpo de agua	ED	MUNICIPIO	TIPO	D_48_UT	TOX_D_48	V_15_UT	TOX_V_15	SEMAFORO	CONTAMINANTES
Ra-10 río Xopanac, antes de la confluencia con el río Atoyac (río Xopanac)	TLAX	Nativitas	río	13.6054	Alta	53.76	Alta	Rojo	DBO,DQO,SST,CF,E_COLI,OD%L,TOX_L,
Antes de la confluencia con el río Atoyac (río Zahuapan)	TLAX	Papalotla de Xicohténcatl	río	<1	No tóxico	6.04	Alta	Rojo	DBO,DQO,CF,E_COLI,OD%L,TOX_L,
Río Zahuapan, aguas arriba de presa Santa Águeda	TLAX	Tetlatlahuca	río	<1	No tóxico	2.88	Moderada	Rojo	DQO,CF,E_COLI,OD%L,
Río Zahuapan, antes derivadora Panotla	TLAX	Panotla	río	<1	No tóxico	3.79	Moderada	Rojo	DBO,DQO,CF,E_COLI,OD%L,
Aguas abajo de la empresa H2orizontes, S.A. de C.V. (río Zahuapan)	TLAX	Tlaxcala	río	<1	No tóxico	3.83	Moderada	Rojo	DBO,DQO,CF,E_COLI,
Río Zahuapan, aguas abajo de la confluencia del río Totolac	TLAX	Tlaxcala	río	<1	No tóxico	4.46	Moderada	Rojo	DBO,DQO,CF,E_COLI,
Puente carretera Tlaxcala-San Martín (el Trébol)(río Zahuapan)	TLAX	Tlaxcala	río	<1	No tóxico	2.41	Moderada	Rojo	DQO,CF,E_COLI,
Río Zahuapan, después de confluencia de río de los Negros	TLAX	Tlaxcala	río	17.094	Alta	4.08	Moderada	Rojo	DQO,CF,E_COLI,TOX_L,
Río Zahuapan, aguas arriba de la cascada Atlihuetzía	TLAX	Amaxác de Guerrero	río	<1	No tóxico	2.71	Moderada	Rojo	DQO,CF,E_COLI,OD%L,
Río Zahuapan, aguas abajo de la cascada Atlihuetzia	TLAX	Amaxác de Guerrero	río	<1	No tóxico	<1	No tóxico	Rojo	DQO,CF,E_COLI,
Zahuapan, presa Atlangatepec	TLAX	Atlangatepec	río	<1	No tóxico	<1	No tóxico	Rojo	DQO,CF,

Fuente: CONAGUA, 2017. (Ver cuadros 12b, 12c, y12d en el Anexo).

De los 55 sitios monitoreados en Puebla solo dos están considerados como no contaminados y no tóxicos, les corresponde el color verde en el semáforo; se trata del río Nexapa en la barranca Acuexcontitla en el municipio de Huejotzingo, y Santa María Texmelucan en el río Atoyac, en el municipio de Tlahuapan. El sitio ubicado en el río Atoyac, antes de la confluencia con el río Atotonilco en el municipio de San Salvador el Verde, presentó una toxicidad (Vibrio Fisheri) moderada, sobrepasa los LMP en coliformes fecales y Eschericia Coli; se localiza en el color amarillo del semáforo en cuanto a calidad del agua. Los 52 sitios restantes están clasificados en el semáforo como altamente contaminados (rojo), de ellos uno presenta baja toxicidad, cinco moderada y 46 alta.

De los sitios monitoreados en la porción correspondiente a Tlaxcala, los 28 fueron clasificados como altamente contaminados, ubicándose en el color rojo del semáforo. En cuanto a toxicidad (Vibrio Fischeri) solo dos sitios se consideraron no tóxicos, el río Zahuapan, aguas debajo de la cascada Atlhuetzia, en el municipio de Amaxac de Guerrero, y en la confluencia del río Zahuapan con la presa Atlangatepec en el municipio del mismo nombre. Catorce sitios reportaron moderada toxicidad, los doce restantes reportaron alta toxicidad.

Tabla 15 Calidad del agua en los embalses Valsequillo y Atlangatepec

			D_4 8	TOX	D_48	TOX	FIS SUP	TOX	FIS FON	TOX		
NOMBRE DEL SITIO/ CUERPO DE AGUA	EDO	MUNI CPIO	SUP UT	D_48 SUP	FON UT	D_48 FON	15 UT	FIS SUP_15	15 UT	FIS FON 15	SEMA FORO	CONTAMINA NTES
Presa Manuel Ávila Camacho 1	Puebla	PUEBLA	<1	No tóxico	<1	No tóxico	<1	No tóxico	<1	No tóxico	Rojos	DQO, CF, ECOLI, OD%S, OD%M, OD%F
Presa Manuel Ávila Camacho 5	Puebla	PUEBLA	<1	No tóxico	<1	No tóxico	<1	No tóxico	<1	No tóxico	Rojos	DQO, CF, ECOLI, OD%S, OD%M, OD%F
Presa Manuel Ávila Camacho 6	Puebla	PUEBLA	<1	No tóxico	<1	No tóxico	<1	No tóxico	<1	No tóxico	Rojos	DQO, CF, OD%F
Presa Atlangatepec Santa Clara Ozumba	Tlaxcala	Atlangatepec	<1	No tóxico	<1	No tóxico	<1	No tóxico	<1	No tóxico	Rojos	DQO

Continuación Tabla 15. Calidad del agua en los embalses Valsequillo y Atlangatepec

				D_48	TOX	D_48	TOX	FIS SUP	TOX	FIS FON	TOX	
NOMBRE DEL SITIO/ CUERPO DE AGUA	EDO	MUNI CIPIO	SUP UT	D_48 SUP	FON UT	D_48 FON	15 UT	FIS SUP_15	15 UT	FIS FON 15	SEMA FORO	CONTAMINANTES
Presa Atlangatepec centro oriente (Presas Atlangatepec 7)	Tlaxcala	Atlangatepec	<1	No tóxico	<1	No tóxico	<1	No tóxico	<1	No tóxico	Rojo	DQO, CF,
Presa Atlangatepec aeropuerto (Presas San José Atlangatepec 4)	Tlaxcala	Atlangatepec	<1	No tóxico	<1	No tóxico	<1	No tóxico	<1	No tóxico	Rojo	DQO
Presa Atlangatepec Zacapexco (Presas San José Atlangatepec 6)	Tlaxcala	Atlangatepec	<1	No tóxico	<1	No tóxico	<1	No tóxico	<1	No tóxico	Rojo	DQO, CF
Presa Atlangatepec la Herradura (Presas San José Atlangatepec 3)	Tlaxcala	Atlangatepec	<1	No tóxico	<1	No tóxico	<1	No tóxico	<1	No tóxico	Rojo	DQO, CF
Presa Atlangatepec cortina (Presas de Atlangatepec 3)	Tlaxcala	Atlangatepec	<1	No tóxico	<1	No tóxico	<1	No tóxico	<1	No tóxico	Rojo	DQO
Presa Atlangatepec Zahuapan (Presas San José Atlangatepec 5)	Tlaxcala	Atlangatepec	<1	No tóxico	<1	No tóxico	<1	No tóxico	<1	No tóxico	Rojo	DQO, CF

Fuente: CONAGUA, 2017.

Los embalses Valsequillo y Atlangatepec, en Puebla y Tlaxcala respectivamente, fueron clasificados como altamente contaminados y no tóxicos por Vibrio Fischeri y Daphia Magna. Se

encontraron más parámetros que sobrepasan los LMP en los tres sitios monitoreados en la presa Valsequillo (ver Tabla 15).

Ya se había mencionado en párrafos anteriores, que las presas funcionan como plantas tratadoras de agua, por lo que reportan menos parámetros que rebasan los LMP en relación con los sitios que corresponden a descargas de zonas industriales o de colectores municipales de zonas densamente pobladas, como el tramo comprendido entre la ciudad de San Martín Texmelucan y la desembocadura a la presa de Valsequillo (Greenpeace, 2014).

La contaminación es de tal magnitud que se ha considerado como “un grave desastre ambiental y social” (Gaceta Parlamentaria, 2016: 2). La zona ha perdido el oxígeno suficiente, por lo que no es posible la vida de peces y otras especies acuáticas. El agua contiene metales pesados como mercurio y plomo, extremadamente tóxicos, solventes (cloroformo y benceno), compuestos como cloruro de vinilo y disruptores hormonales como DEHP (Bis-2-(Etilhexil) falato), que producen efectos directos sobre el sistema endócrino y en la reproducción. Las propiedades fisicoquímicas de la mayoría de estos disruptores los hace potencialmente riesgosos porque son fácilmente dispersados en el aire y en consecuencia el riesgo de exposición es alto.

También se detectó pentaclorofenol, sustancia utilizada en la industria textil, tiene efectos a largo plazo en el sistema inmunológico y endócrino; aumenta la susceptibilidad a infecciones, altera las funciones reproductivas porque es un mutágeno. El uso del pentaclorofenol está restringido o totalmente prohibido en varios países por su capacidad de bioacumulación, toxicidad y persistencia en el ambiente (Montero et al., 2006).

Los altos índices de toxicidad representan “una amenaza para la salud pública para las más de 2 millones 300 mil personas expuestas a las proximidades del río” (CNDH, 2017, 62) y un peligro severo para los 1.2 millones de personas expuestas a las proximidades del río y la preservación de los ecosistemas, que a su vez pone en riesgo las fuentes de abastecimiento de agua para el consumo humano, para riego y otros recursos susceptibles de ser aprovechados (CNDH, 2017).

En un estudio de biomonitorización realizado a individuos que viven en Santa María Moyotzingo, Santa Ana Xamimilulco, Villa Alta y Santiago Michac, comunidades cercanas al río Atoyac y al Xochiac, se reportaron niveles elevados de leucemia, daño renal, genotóxico y con ello

el riesgo de padecer cáncer (Montero et al, 2006). Por su parte Villalobos, Flores M, & Gómez A (2011) detectaron mezclas complejas de sustancias con efectos genotóxicos en el sistema hidrológico Atoyac-Zahuapan.

Como se mencionó en el Capítulo 1, diariamente se vierten al río Atoyac 146.3 toneladas de materia orgánica, 62.8 toneladas de sólidos suspendidos totales, 14.7 toneladas de nutrientes y 0.14 toneladas de metales pesados como plomo, cromo, cadmio, cobre, mercurio, níquel y zinc, así como 0.09 toneladas de compuestos orgánicos tóxicos provenientes de industrias de textiles, alimenticias, químicas, petroquímicas, automotrices y papeleras.

Como resultado de operativos realizados conjuntamente entre la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA), la Comisión Federal para la Protección contra los Riesgos Sanitarios (COFEPRIS) y la Comisión Nacional de Agua (CONAGUA), en el año 2015 se clausuraron nueve empresas asentadas a lo largo del Atoyac, entre los estados de Puebla y Tlaxcala, que descargaban residuos altamente contaminantes y por manejo inadecuado de residuos peligrosos. Así mismo, se identificaron 31 municipios de Puebla y Tlaxcala que no cuentan con plantas de tratamiento de agua y las instaladas no funcionan adecuadamente (COFEPRIS-PROFEPA-CONAGUA, 2015).

2. 4. Balance hídrico, disponibilidad de agua superficial y subterránea

En cuanto al balance hídrico y la disponibilidad de agua superficial en la Cuenca del Alto Atoyac, se determinó que no había disponibilidad, presentando déficit (CONAGUA, 2011). Para el agua subterránea se presentan los datos de los acuíferos Alto Atoyac y el acuífero del Valle de Puebla. En el acuífero Alto Atoyac (2901), localizado en el estado de Tlaxcala, con una superficie de 2 031 km², existe disponibilidad de 46 705 724 m³ anual disponible para otorgar nuevas concesiones. Los valores de abatimiento registrados en el periodo 1997-2011 para el nivel freático fluctúan entre 0.5 a 2.5 metros, con un ritmo anual de abatimiento que varía desde algunos milímetros hasta 0.2 m, considerados como puntuales y casi imperceptibles. En las zonas de recarga (Sierra de Tlaxco, Sierra de Apan, el este de la Sierra Nevada, la Malinche y el Iztaccíhuatl) se registran recuperaciones promedio de 0.1 m anuales. La profundidad del nivel de saturación medida desde la superficie del terreno oscilaba en el año 2011 de 5 a 208 metros (CONAGUA, 2015).

En el año 2011 se registraron 890 aprovechamientos de agua subterránea, 734 corresponden a pozos, de los cuales 600 estaban activos, 102 norias activas, 79 y 54 manantiales activos. El volumen de extracción reportado en ese año fue de 153.4 hm³/año, de los cuales 81.0 hm³/año (52.8%) se destinan al uso público-urbano; 62.7 hm³/año (40.9 %), para uso agrícola; 7.7 hm³/año (5.0%) para servicios, y 2.0 hm³/año (1.3%) para usos pecuario y doméstico (CONAGUA, 2015). Estas cifras son mayores que las registradas en años anteriores, incluso a las cifras actuales debido a que los usos relacionados con el sector agrícola, incluyendo el pecuario y el de acuacultura, son los más altos en el período observado. Se considera que este sector es el menos eficiente en cuanto a las mermas del líquido.

El volumen anual de extracción registrado el 31 de marzo de 2013 fue de 124 694 276 m³/año, de acuerdo con los títulos de concesión inscritos en el Registro Público de Derechos de Agua (REPGA) de la Subdirección General de Administración del Agua. En el 2017 la extracción aumento a 127 millones de m³, distribuidos de la siguiente manera: 66.19 Mm³ para uso público urbano, lo que representa el 52.10%; para el uso agrícola 43.40 Mm³ (34.16%); el uso industrial recibe 15.03Mm³ (11.83%) (REPGA, 2017).

Comparando el volumen de agua subterránea concesionada en el año 2002 se reportaron menos volúmenes para los mismos usos: 56.9 Mm³ (56.62%) para uso público urbano; 31 Mm³ (30.84%) para uso agrícola, y para el industrial 12.4 Mm³ (12.34%). el total extraído fue 100.5 Mm³ anuales (ver Tabla 16).

Tabla 16 Aprovechamientos por usos del agua subterránea en el Acuífero Alto Atoyac, 2002-2017

Tabla del aprovechamiento por usos del agua subterránea en el Acuífero Alto Atoyac (2002)		
Uso	Vol. Mm ³ /año	Porcentaje (%)
PU-Urbano	56.9	56.62
Agrícola	31	30.84
Industrial	12.4	12.34
Doméstico	0.2	0.19
Total	100.5	100
Disponibilidad	38.59	
ritmo-abatimiento 1980-1996 (0.10-0.4m/año Fuentes: (CONAGUA, 2002a) y (Repda, 2017)		

Tabla del aprovechamiento por usos del agua subterránea en el Acuífero Alto Atoyac (2017)		
Uso	Vol. Mm ³ /año	Porcentaje (%)
PU-Urbano	66.19	52.10
Agrícola	43.40	34.16
Industrial	15.03	11.83
Usos Diferentes	1.42	1.11
Servicios	0.74	0.58
Pecuario	0.25	0.20
Acuacultura	0.02734	0.02
Doméstico	0.001002	0.00
Total	127.05	100.00
Disponibilidad	46.88	

La calidad del agua subterránea de este acuífero se ha determinado analizando los parámetros de temperatura, conductividad eléctrica, sólidos totales disueltos (STD) y pH. Para los STD se registran valores que varían de 100 a 500 ppm, estando dentro del LMP de 1000 ppm, establecido en la modificación a la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994 para el agua destinada al consumo humano. En algunos aprovechamientos localizados en las inmediaciones de las localidades Villa Mariano Matamoros y Santa Cruz la concentración de STD alcanza 1 400 ppm.

La conductividad eléctrica del agua la clasifica como dulce porque sus valores varían de 200 a 1 000 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Sin embargo, hacia la porción nororiental de San Martín Texmelucan, nuevamente en las inmediaciones de las localidades Villa Mariano Matamoros y Santa Cruz, los valores se incrementan considerablemente, oscilan entre los 1 200 a 2 400 $\mu\text{S}/\text{cm}$; coinciden con los sitios donde se registran los valores más altos de STD.

Los valores de pH de 4 a 10 se encuentran entre los LMP que marca la Norma Oficial Mexicana para el agua destinada al consumo humano. Los valores de temperatura registrados varían de 15 a 31°C. El agua extraída se clasifica como de salinidad media (C2) con bajo contenido de sodio intercambiable (S1), lo que la hace apropiada para su uso en riego sin restricciones (CONAGUA, 2015).

Aunque aún existe disponibilidad de agua subterránea es importante considerar que el acuífero se encuentra en una región con escasez natural del recurso hídrico. Se ha calculado una precipitación media anual de 878.3 milímetros y una evaporación potencial media anual de 1 150 milímetros, lo que implica que la infiltración y los escurrimientos son escasos. Esta situación, aunada a la demanda creciente del recurso hídrico para enfrentar las necesidades básicas de los habitantes y las actividades económicas, implica “riesgo de que se generen los efectos negativos de la explotación del agua subterránea, tanto en el ambiente como para los usuarios del recurso, por lo que es de interés público controlar la extracción, explotación, uso y aprovechamiento del agua subterránea” (SEGOB, 2014).

El acuífero del Valle de Puebla (2104) comprende una superficie de 2 025 km^2 ; del total del volumen extraído 61.8 por ciento se destina al uso público urbano, seguido por el uso agrícola con el 23.6 por ciento. Del total del agua utilizada para esta actividad el 63.1% corresponde a agua subterránea y el restante 36.9% a agua superficial.

La profundidad del nivel estático del agua varía de 25 a 155 metros; se reportan en el año 2002 niveles más profundos que los reportados en 1997, calculados en 44 metros, y para el año 2010 la profundidad había aumentado diez metros más alcanzando los 54 metros. La evolución del nivel estático evaluada para el periodo 2002-2010 indica que el abatimiento medio acumulado fue de 3.44 metros, con abatimientos máximos acumulados de 10 metros y recuperaciones acumuladas del nivel estático de hasta 3.5 metros. El abatimiento medio anual ponderado sería de 43 centímetros por año, con abatimientos máximos anuales de hasta 1.25 metros y recuperaciones anuales de hasta 44 centímetros por año. Existen 1 206 captaciones de agua subterránea, 737 son pozos profundos, 463 son norias, dos manantiales y cuatro aprovechamientos más de otros tipos. Del total de las captaciones censadas 1 111 están activas y 95 inactivas (SEGOB, 2016).

En la tabla 17 se muestran tres momentos, 1992, 1997 y 2015, en la extracción de agua subterránea del acuífero:

Tabla 17 Aprovechamientos por usos del agua subterránea en el acuífero Valle de Puebla, 1992-2015

Tabla del aprovechamiento por usos del agua subterránea en el Acuífero Valle de Puebla (1992)			Tabla del aprovechamiento por usos del agua subterránea en el Acuífero Valle de Puebla (1997)			Tabla del aprovechamiento por usos del agua subterránea en el Acuífero Valle de Puebla (2015)		
Uso	Vol. Mm ³ /año	%	Uso	Vol. Mm ³ /año	%	Uso	Vol. Mm ³ /año	%
PU-Urbano	121.1	42.21	PU-Urbano	96.15	38.91	PU-Urbano	181.6	55.4
Agrícola	151.9	52.95	Agrícola	94.23	38.13	Agrícola	77.5	23.7
Industrial	13.9	4.84	Industrial	44.64	18.07	Industrial	42.9	19.4
Doméstico	-		Doméstico	12.08	4.89	Doméstico	4.9	1.5
Total	286.9	100	Total	247.1	100	Total	327.7	100
Disponibilidad	27		Disponibilidad	s/d		Disponibilidad	44.65	
Ritmo de abatimiento (1.0m/año)			Ritmo de abatimiento 1987-1999 (1.5m/año)					
Fuente: (CONAGUA, 1999)			Fuente: (CONAGUA, 1997)			Fuente: (SEGOB, 2016)		

Se puede apreciar que el volumen de extracción en 1992 fue de 286 Mm³ al año, de los cuales se destinaban 121.1 Mm³ al uso público urbano, lo que significaba 42.21% del total; para el agrícola, 151.90 (52.95%), e industrial 13.9 Mm³, el 4.84%. Un lustro más tarde se reporta disminución del

volumen total extraído, menores cifras para el uso público urbano y agrícola, 96.15 Mm³ y 94.23 respectivamente, lo que en términos relativos significa el 38.91% y el 38.13%. Destaca que el volumen de agua destinada al uso industrial aumentó 3.21 veces en relación con el volumen concesionado en 1992. En el año 2015 se reporta un ascenso en el volumen extraído de agua subterránea del acuífero: 327.7 millones de metros cúbicos anuales; 181.60 Mm³, 55.40 % del volumen total anual extraído se utilizó en uso público urbano proveniente de 462 aprovechamientos; 77.5 millones de metros cúbicos que corresponde al 23.7 %, se destinan al uso agrícola y se extraen por medio de 409 captaciones. Al uso industrial se destinan 42.9 Mm³ (19.4%) cuya extracción se realiza a través de 118 captaciones de agua subterránea. Para los usos servicios y pecuario se destina el 1.5 %; esta extracción se realiza por medio de 122 aprovechamientos de agua subterránea. El acuífero presenta tres zonas con alta explotación que han generado áreas de abatimiento, como en la parte sur de la localidad de Cholula, al sur de la localidad de San Bernardino y al suroeste del centro de la ciudad de Puebla (SEGOB, 2016).

La disponibilidad anual es de 44.65 millones de metros cúbicos, considerando un volumen concesionado de 254. 85 millones de metros cúbicos anuales, inscrito al 30 de junio de 2014 en el Registro Público de Derechos de Agua. Sin embargo, se reporta un cambio de almacenamiento negativo de -28.2 millones de metros cúbicos anuales, lo que implica que la extracción es a costa de la reserva almacenada no renovable del acuífero.

Se ha considerado que para mantener el acuífero en condiciones sustentables el máximo volumen que puede extraerse es de 299.5 millones de metros cúbicos anuales, que corresponde al volumen de recarga media anual que recibe el acuífero menos la descarga natural comprometida. Sin embargo, el acuífero reporta una extracción total de 327.7 millones de metros cúbicos anuales, con una descarga natural comprometida de 61.2 millones de metros cúbicos anuales; mientras que la recarga que recibe el acuífero está cuantificada en 360.7 millones de metros cúbicos anuales.

El acuífero Valle de Puebla, presenta un abatimiento del nivel del agua subterránea, por lo que existe el riesgo de que el incremento de la demanda de agua subterránea agrave los efectos perjudiciales causados por la sobreexplotación, como profundización de los niveles de extracción, inutilización de pozos, incremento de los costos de bombeo, disminución e incluso desaparición de los manantiales y del caudal base, así como el deterioro de la calidad del agua subterránea (SEGOB, 2016).

Como antecedente en la disponibilidad del agua subterránea del acuífero Valle de Puebla, en los años 2000, 2002, 2008, 2009 y 2015 se reportaron 61.41 millones de m³ anuales, 38.59, 18.04, 18.41 y 44.65 respectivamente, lo que indicaba hasta el año 2009 un claro descenso en la disponibilidad y por lo tanto la sobreexplotación del acuífero. (López Zamora, 2013). Sin embargo, con la modificación al decreto de veda en la cuenca del río Balsas en 2011 se liberan 220 Mm³ para uso público urbano y 113 Mm³ para reserva, esto favorece a 340 municipios de la región, de los cuáles 30 se localizan en la CAA. Este volumen antes concesionado a Comisión Federal de Electricidad para generación de energía se obtiene por la factibilidad de disminución en los procesos, lo que reporta una disponibilidad mayor. Así mismo se torna necesario mantener la veda en la CAA y tener un mejor manejo de los recursos hídricos para la preservación de las cuencas y acuíferos que sustentan el abasto y distribución del agua para el desarrollo de la Cuenca.

Para el caso del acuífero Alto Atoyac las cifras sobre disponibilidad reportadas son 38.62 millones de m³ anuales en el año 2002; en el 2008 fueron 66.88 Mm³ anuales; para el 2009 se cuantificaron 55.21 Mm³ y para el año 2015 se reportaron 44.65 Mm³ anuales (López Zamora, 2013). (Ver ilustración y Tabla 18).

Ilustración 18 Disponibilidad de agua subterránea, acuífero Valle de Puebla y Alto Atoyac 2002-2015

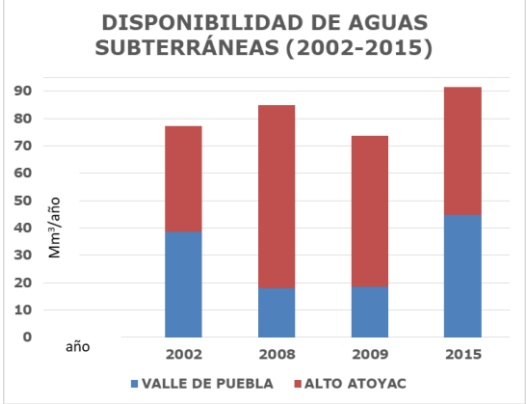


Tabla 18 Disponibilidad de agua subterránea, acuífero Valle de Puebla y Alto Atoyac 2002-2015

Disponibilidad de aguas subterráneas (2002-2015)		
Año	Valle de Puebla	Alto Atoyac
2002	38.59	38.62
2008	18.04	66.88
2009	18.41	55.21
2015	44.65	46.88

Fuente: (CONAGUA, 2002^a), (CONAGUA, 2003), ((CONAGUA, 2015 A), ((CONAGUA, 2015), (López Zamora, 2013)

En relación con la calidad del agua, con base en muestras realizadas en el año 2010 al agua de pozos de uso público urbano en las que se analizaron dieciocho parámetros fisicoquímicos y biológicos, se determinó que los valores en la calidad del agua para el consumo humano se encuentran dentro de los LMP en la Modificación de la Norma Oficial Mexicana, Salud Ambiental NOM-127-SSA1-1994, publicada el 22 de noviembre de 2000. Solo dos muestras sobrepasaron los LMP para dureza. En lo que se refiere al potencial para uso agrícola toda el agua analizada presenta un bajo riesgo de salinidad, con bajo riesgo de alcalinización, lo que significa que el agua es aceptable para la actividad agrícola (SEGOB, 2016).

Los problemas que conlleva el acelerado crecimiento espacial y poblacional, aunados a la deforestación, a cambios en los usos del suelo y a la contaminación de los ecosistemas agua, aire y suelo, propios de las formas socioculturales con las que los humanos se relacionan con el entorno, sin considerar la capacidad de carga de los ecosistemas ni una visión de cuenca y sin prever las modificaciones calculadas en los regímenes de lluvia y temperatura en un entorno de cambio climático, al que México es altamente vulnerable, pueden provocar más desequilibrios en la CAA,

lo que impone la necesidad de revisar los modelos vigentes de gestión de los recursos hídricos (IMTA, 2010).

Conclusiones capitulares

El deterioro de la Cuenca del Alto Atoyac es resultado de las transformaciones territoriales propias de la dinámica poblacional, el deterioro ambiental y la gestión hídrica durante la historia de la región. Su desarrollo histórico responde a la importancia de sus asentamientos humanos desde la época prehispánica y al impulso de las políticas de modernización dirigidas al campo y a la industria en los diferentes períodos del México posrevolucionario y moderno.

En la gestión hídrica se crearon las instituciones y la legislación para controlar el líquido con una visión desarrollista y de modernización; en ella prevalece una lógica economicista en el surtido de la demanda del recurso para los tres usos más importantes que se han transformado: el uso público-urbano, el agrícola y el industrial, sin considerar la oferta a partir de la capacidad de carga de los ecosistemas y de su dinámica natural.

Por otro lado, el proceso urbano-territorial tuvo su mayor transformación a partir de los años noventa con la expansión territorial, teniendo un efecto en el proceso de conurbación el cual sigue en crecimiento. Los asentamientos humanos se han ubicado a lo largo de los principales ríos de esta Cuenca y por sus formas de producción y consumo han generado altas descargas de las aguas negras a estos cuerpos. También las prácticas agrícolas, industriales y de servicios han generado niveles altos de contaminantes tóxicos que no son factibles de diluir en las corrientes superficiales y subterráneas.

El balance hídrico se ha basado en la disponibilidad de agua subterránea y superficial; sus mediciones se han publicado en el Diario Oficial de la Federación. Por el crecimiento poblacional presenta la tendencia natural de mayores demandas del recurso, lo que implica sobreexplotación de fuentes de abastecimiento y cambios en los usos del agua.

Las formas de gestión hídrica mantienen un enfoque tecnicista y político que intenta controlar el agua como un recurso detonante para el desarrollo de la región y sus habitantes con infraestructura que distribuya el agua a los diferentes usos predominantes del territorio y con un insuficiente

tratamiento de las aguas negras, sin resolver los impactos sociales y ambientales en el sistema hídrico.

Este capítulo también presenta los antecedentes legales e institucionales de la gestión actual, (se analiza en el siguiente capítulo) que sustentan una política económica neoliberal que privilegia las acciones sobre el territorio en función de beneficios monetarios sin considerar el valor ambiental y social. También se presentan las bases de las modificaciones a la Ley de Aguas Nacionales del 2004, que inducen cambios en la administración de agua para la descentralización y promueven la participación de los diferentes actores y usuarios del agua en la Cuenca, pero en un contexto carente de información, sensibilización y concientización del ciclo hidrológico y del impacto territorial que tienen las formas de relacionarse con el territorio. Por lo tanto, para atender las transformaciones territoriales generadas por el proceso urbano territorial se vislumbran los siguientes desafíos:

- En materia de planeación y ordenamiento territorial, las políticas relacionadas con el uso del suelo, la prestación de servicios, las presiones sobre los recursos naturales y las desigualdades territoriales son problemas que hay que enfrentar. En la mayoría de los municipios, excepto las ciudades de más de 500 000 habitantes no existen instrumentos técnico normativos sobre usos del suelo. En los municipios que cuentan con ellos, aunque estén vinculadas con la realidad metropolitana, las acciones sobre el territorio se enfocan principalmente a intentar atender de inmediato las necesidades que sobre la marcha van surgiendo. Las administraciones municipales tienen recursos humanos, técnicos y financieros limitados y con los cambios de administración cada tres años los esfuerzos para solucionar los problemas pierden continuidad. Esta situación favorece el incumplimiento de estrategias y metas para guiar el desarrollo urbano y el ordenamiento del territorio. Solo el municipio de Puebla cuenta con un Instituto Municipal de Planeación, creado en 2011.
- Otro desafío se relaciona con los asentamientos periféricos de baja densidad; este es un fenómeno que se ha generado de manera continua por el crecimiento de los asentamientos humanos. Existe un núcleo central y espacios periféricos destinados principalmente para vivienda dispersa porque el costo del suelo es más barato si no está urbanizado. Con el paso de los años estas zonas se densifican y se instala en ellas infraestructura, equipamiento y servicios dependiendo del estrato socioeconómico a que estén destinadas; al mismo tiempo se van creando periferias sucesivas que van consumiendo suelo (López Vargas, 2013a).

En los últimos veinte años, se ha intensificado la construcción de grandes centros comerciales en la periferia de las ciudades, aunque ya desde la década de los años sesenta las industrias, parques tecnológicos y de logística se instalaban en lugares alejados de ellas. Los conjuntos y unidades habitacionales para vivienda de diferentes estratos también se han construido en antiguas tierras agrícolas.

La existencia y ampliación de infraestructura de comunicación regional ha favorecido la instalación de plantas industriales en municipios marginales contribuyendo aún más a la expansión de los centros urbanos. Esta estrategia tiene importantes consecuencias en los recursos públicos, en el consumo de suelo, en la calidad del medio ambiente, en la movilidad y en los costos en los lugares de trabajo, los servicios administrativos, educativos, recreativos y de salud, sobre todo en la calidad de vida de los habitantes.

CAPÍTULO 3

Gestión hídrico-territorial: Política pública y marco normativo

Introducción

Gestión, es un término que se usa para definir un proceso generalmente administrativo, normativo o regulatorio, en un sentido amplio la Gestión se refiere al conjunto de actividades, funciones, formas de organización institucional de organismos de gobierno y de la sociedad civil, recursos e instrumentos de política y sistemas de participación relacionados con uno o varios objetivos que definen su sentido y objeto (Agua.org.mx, 2017).

La forma de gestión hídrica actual en la Cuenca se sustenta en las leyes, políticas e instituciones que se crearon en diferentes momentos de la historia del país. Para situar el contexto general en el cual se han dado los procesos de gestión en la CAA se relatan algunos eventos históricos a nivel nacional que produjeron el cambio de las relaciones socio políticas en el territorio, mediante instrumentos normativos de jurisdicción federal.

3.1 De la época Colonial hasta finales del siglo XIX

Wobeser (1993), refiere que, hasta mediados del siglo XVII, la distribución y el consumo de agua no generó demasiados conflictos, ya que el recurso era suficiente para cubrir las necesidades de los habitantes, sin embargo el aumento de la población, los requerimientos de suelo para la expansión de las haciendas y la creciente demanda de agua desencadenaron luchas por su posesión. Mayores volúmenes de agua se canalizaban a las haciendas, mientras que a los pueblos y pequeños propietarios se les suministraban menores cantidades, haciendo más notoria la estratificación social. Las disputas por el agua se daban entre las comunidades y los hacendados, entre los hacendados menos poderosos en contra de los hacendados que contaban con más recursos y entre los mismos pueblos. La inexistencia de títulos de concesión, distribución y mediciones equivocadas en los volúmenes de agua y subtracciones de usuarios en perjuicio de otros, fueron algunos de los factores que abonaron en los conflictos, mismos que prevalecieron hasta el siglo XVIII (Wobeser, 1993).

Cuando los españoles llegaron, prevalecían los usos y costumbres prehispánicos, el agua además de ser en elemento cargado de simbolismo relacionado con lo sagrado y la vida, se

consideraba de uso común al igual que los bosques, cada quien tomaba lo que necesitaba, no existía una normativa clara en cuanto a su distribución y uso. La corona española asumiendo las atribuciones otorgadas en la Bula del Papa Alejandro VI, se apoderó de los recursos y territorios sobre los cuáles se fue estableciendo. Dicho laudo arbitral fue emitido en 1493 para dar fin a las disputas entre España y Portugal, sobre la propiedad de la tierras descubiertas, en esa época siendo el Papa la representación de Dios en la tierra le correspondía distribuir los bienes territoriales (Mendieta y Nuñez, 1973), y aunque se ha opinado entre teólogos que lo que el Papa otorgó a los Reyes Católicos, solo fue la facultad de convertir a los indios a su religión, sin que esto implicara que los privara de sus territorios, a menos que cometieran excesos. Con la Bula, a decir de juristas, “Alejandro VI dio a los Reyes Católicos la propiedad absoluta y la plena jurisdicción sobre los habitantes de las indias y sus territorios” (Mendieta y Nuñez, 1973: 28) de manera que “...ríos y aguas públicas están reservado al Rey y la Reina y es el Rey el único que puede distribuir las aguas” (Roemer, 1997: 86) a través de mercedes reales, siendo estas disposiciones, las que confirmaban en primera instancia los repartos de tierra a que se hacían acreedores los españoles, como pago por los servicios prestados a la Corona, en el proceso de colonización. Estas disposiciones estaban contenidas en la Ley para la Distribución y Arreglo de la Propiedad emitida el 18 de junio de 1513, las tierras se designaban con todo lo que contenían: cerros, barrancas, bosques, ríos, lagunas, incluidas las aguas subterráneas, por lo cual podrían ser explotadas de manera privada (manantiales, galerías filtrantes, norias) (Mendieta y Nuñez, 1973), aunado a esto también se emitieron mercedes de agua. Este reparto de tierras y agua se hacía conforme la conveniencia de las autoridades, el suelo junto con la posesión del agua, se convirtieron en el medio para adquirir poder y prestigio social. El control del agua y el suelo se constituyó en una forma de ejercicio administrativo de poder y dominio, un rasgo característico en la distribución del vital líquido fue la desigualdad, beneficiando a los sectores más privilegiados de la sociedad (Salazar Exaire, 2010).

Como instrumentos legales para controlar la distribución y usos del agua, desde la década de 1560, la Corona Española, estableció el “repartimiento de aguas” para confirmar derechos otorgados en las mercedes reales o composiciones, así mismo se apoyaba en las ordenanzas, por ejemplo, en las emitidas en 1573 por el rey Felipe II, para la fundación de pueblos, ya se especificaba la forma y distribución del agua y tierra de cultivo. De manera general las mercedes, composiciones, ordenamientos y repartimientos que regulaban el acceso y administración del agua fueron reconocidos hasta iniciado el siglo XX (Wobeser, 1993).

Después de la independencia, derivado de la inestabilidad política del país, el control del agua se ejercía desde los gobiernos locales y estatales. Como una medida del gobierno federal para tener injerencia en el control de algunas aguas, en mayo de 1853, emite en el decreto sobre las bases de administración de la República que los ríos estaban clasificados como bienes de dominio público (CONAGUA, 2009). La necesidad del control del agua por parte del gobierno federal, para construir nuevas relaciones sociales, requería de la desaparición del carácter corporativo de los derechos de propiedad del agua, incluida la de los bienes amortizados. Se consideró al recurso hídrico como fuente de recursos económicos, para lograr tal fin se emitieron reformas legales moderadas, como una manera de allanar el camino para emitir la Ley de desamortización de bienes raíces de todas las corporaciones civiles y eclesiásticas en junio de 1856. En el mes de agosto del mismo año, el Ministerio de Hacienda emitió una resolución que indicaba que las aguas públicas y corrientes no estaban comprendidas en la desamortización, a menos que estuvieran estancadas y pertenecieran a terrenos de corporaciones, esta medida provocó que algunos ayuntamientos exigieran la liberación inmediata de tierras y aguas comunales a las comunidades indígenas (Birrichaga, 2009).

En 1857 se promulga la Constitución otorgando al estado la obligación de preservar los derechos de propiedad, incluyendo los ya existentes sobre las aguas de ríos y manantiales, los litigios de la tierra y el agua eran atendidos en la Junta Protectora de Clases Menesterosas, creada en 1864. Como un intento para resolver las diferencias generadas por tierras y agua entre los pueblos en 1865 se emite una Ley que estipulaba que, ante disputas en la materia, se entregara la posesión al pueblo que tuviera mejor derecho, esta medida dio lugar a que se revirtieran en favor de algunas comunidades disposiciones producto de la Ley de Desamortización de 1856. La creación de la figura del amparo en 1961 favoreció que cualquier ciudadano pudiera acudir a la justicia federal, cuando considerara violadas sus garantías, de esta manera la Suprema Corte de Justicia determinó en favor de los derechos particulares del agua, que ninguna autoridad local podía despojarlos de ellas. La única manera de poder hacerlo era mediante la figura de expropiación motivada y demostrada por causa de utilidad pública, previa indemnización, estipulada en el Artículo 27 de la constitución de 1856 (Birrichaga, 2009). Antes de finalizar el siglo XIX, se emitieron dos leyes federales que determinaban explícitamente la injerencia de la Federación en la administración del agua: a) la Ley de Vías Generales de Comunicación del 5 de junio de 1888, que incluía como tales a: los mares territoriales, esteros y lagunas que se encuentran en las playas de la república, canales construidos por la federación con auxilio del erario nacional, los lagos y ríos interiores navegables o flotantes,

los lagos y ríos de cualquier clase y en toda su extensión, como vías generales de comunicación, otorgando al Ejecutivo Federal la obligación de vigilarlos y la facultad de reglamentar el uso público y privado de las mismas (Hernández Rodríguez, 2002). En dicha ley se estipulaba que se respetarían los derechos de las servidumbres, los usos y aprovechamientos constituidos a favor de particulares sobre ríos, lagos y canales, siendo necesario que los interesados en el uso de aguas federales confirmaran o solicitaran sus derechos al gobierno federal, esto implicó que esta instancia de gobierno sólo tuviera jurisdicción sobre la vigilancia y no sobre la propiedad de los cuerpos de agua mencionados, lo que significaba una restricción para que el gobierno federal pudiera traspasarlos o cederlos a otros. b) En 1894, se solventó esta restricción mediante el decreto por el cual el Ejecutivo, como una medida para propiciar un mejor aprovechamiento de las aguas de jurisdicción federal en riesgo y/o para impulsar la industria, fue facultado para concesionar el agua a particulares. A partir de entonces se definió que el uso del vital líquido solo podía concesionarse a través de la intervención del gobierno federal (Birrichaga, 2009).

Las actuaciones desintegradas entre los tres niveles de gobierno no se hicieron esperar, gobernadores de varios estados emitieron decretos que contravenían lo dispuesto en los de 1893 y 1894, atribuyéndole al gobernador la facultad de conceder el aprovechamiento de las aguas ubicadas en la entidad respectiva tanto para riego como para energía eléctrica, con este decreto se limitaba la injerencia de los ayuntamientos en la administración del agua. Las controversias sobre las atribuciones entre la federación y los estados motivaron la emisión de un nuevo instrumento legal el 17 de diciembre de 1896, con el cuál se devolviera la fuerza federal sobre los estados (CONAGUA, 2009). Bajo el gobierno de Porfirio Díaz el agua se convirtió en recurso estratégico para propiciar el desarrollo del México moderno, mediante grandes obras de irrigación aunado al contexto internacional de impulso a la industrialización, mediante la electrificación. Entre los referentes externos en cuanto al aprovechamiento del agua para la generación de energía eléctrica se encuentran las pequeñas hidroeléctricas que en el año de 1882 se instalaron en Inglaterra y en Estados Unidos de Norteamérica en el río Fox en Wisconsin. Para 1889 México ya contaba con la primera central ubicada en Batopilas Chihuahua, en el año 1900 México contaba con aproximadamente quince plantas generadoras de electricidad, financiadas por empresas privadas extranjeras (Ramos Gutiérrez & Montenegro Fragoso, 2012). Uno de los objetivos principales del gobierno de Díaz fue el desarrollo del capitalismo en México, estableciendo relaciones de dependencia con países desarrollados como Inglaterra, Francia y sobre todo con Estados Unidos de Norteamérica, lo que

implicó la necesidad de generar un régimen de privilegios, impuesto desde la legislación, para facilitar la penetración de estos capitales en sectores estratégicos como la construcción del sistema ferroviario y la inversión en minas y metalurgia. Con estas acciones se favoreció la explotación ilimitada de los recursos naturales y humanos, así como la reorganización del espacio territorial en favor del proceso de acumulación del capital (Cabrera Becerra, 2015).

Los marcos jurídicos en cuanto a los recursos naturales incluidas la tierra y el agua, se han modificado constantemente en función de las necesidades para la transformación del territorio nacional, a modo de la visión política y económica imperante de cada época, misma que también se va modificando con el paso del tiempo.

3.2 Siglo XX

A inicios del siglo XX, ante la necesidad del Estado de controlar y dirigir los usos de los recursos para la modernización capitalista del país, el 18 de diciembre de 1902, se emite una nueva Ley que declaraba a las corrientes federales bienes de dominio público y de uso común dependientes de la federación (Escobar Ohmstede, 2015), sin embargo los decretos existentes y las atribuciones eran poco claros y confusos, ya que además existían dos instancias que atendían los asuntos del agua: la Secretaría de Fomento, Colonización e Industria y la Secretaría de Agricultura y Fomento (CONAGUA, 2009), esta situación requería de un marco regulatorio más específico.

En las aguas consideradas bajo la vigilancia de la Federación, no se incluían las aguas subterráneas, mismas que en el ámbito de la modernización e industrialización del país eran necesarias para ser destinadas al uso en agricultura, en la industria y generación de energía eléctrica, lo que motivó la Ley del 16 mayo de 1906 facilitando la explotación de los acuíferos, respetando el usufructo de aprovechamiento privados hasta entonces no descubiertos (Hernández Rodríguez, 2002). La reforma constitucional del 20 de junio de 1908, refuerza el concepto de dominio público emitido en 1902, sobre las corrientes federales, también facultó al Congreso de la Unión para determinar y definir cuáles eran las aguas de jurisdicción federal y emitir leyes sobre su uso y aprovechamiento (Sánchez, 2003).

En las aguas consideradas bajo la vigilancia de la Federación, no se incluían las aguas subterráneas, mismas que en el ámbito de la modernización e industrialización del país eran

necesarias para ser destinadas al uso en agricultura, en la industria y generación de energía eléctrica, lo que motivó la Ley del 16 mayo de 1906 facilitando la explotación de los acuíferos, respetando el usufructo de aprovechamiento privados hasta entonces no descubiertos (Hernández Rodríguez, 2002). La reforma constitucional del 20 de junio de 1908 refuerza el concepto de dominio público emitido en 1902, sobre las corrientes federales, también facultó al Congreso de la Unión para determinar y definir cuáles eran las aguas de jurisdicción federal y emitir leyes sobre su uso y aprovechamiento (Sánchez, 2003).

La reglamentación del uso de aguas superficiales de jurisdicción federal se estableció el 13 de diciembre de 1910, ya en pleno movimiento revolucionario aún bajo el régimen de Díaz. En dicha ley se consideraron del dominio público las aguas federales de uso común, otorgándole al Gobierno Federal la facultad absoluta mediante la aprobación del Congreso, para darlas en concesión, lo que generó que los regantes pequeños, grandes inversionista, mineros y propietarios de hidroeléctricas, tramitaran concesiones ante el gobierno federal, sin embargo aún existía incertidumbre en la definición de los límites entre las aguas federales y privadas, situación que generó una resolución por parte de la Secretaría de Fomento, Colonización e Industria, en la que se estableció que los manantiales y los ojos de agua pertenecían al dueño del fundo en donde nacían o brotaban, pasaban a la jurisdicción federal cuando las aguas salían del predio privado y entraban al cauce público (CONAGUA, 2009). Esto implicó el apoyo por parte de la federación tanto de la apropiación privada del recurso, como su comercialización (Hernández Rodríguez, 2002), con esta legislación se obligó tanto a usuarios pasados como futuros a gestionar la confirmación de sus derechos o la nueva concesión, estableciendo plazos para la tramitación, ejecución de las obras autorizadas y duración de las concesiones, tampoco se podían traspasar, gravar ni cambiar el uso del agua otorgado, sin previo aviso a la Secretaría de Fomento, Colonización e Industria, estas disposiciones incluían las concesiones para riego que fueran enajenadas con la tierra (Sánchez, 2003). Los aprovechamientos subterráneos no estaban incluidos en esta legislación, de manera que los propietarios al no estar obligados a avisar a las autoridades sobre su uso, seguían aprovechando el recurso libremente, siempre y cuando no afectaran a terceros (Hernández Rodríguez, 2002), esta ley subsistió hasta 1929, con la promulgación de la ley de aguas de propiedad nacional (Aboites, Birrichaga, & Garay, 2010).

A decir de Aboites et al (2010), durante el régimen de Díaz, mediante concesiones, se favoreció la instalación de industrias del ramo textil, minero y de extracción de petróleo que aunado

a los avances tecnológicos que facilitaron imprimirle rapidez en la producción y en el aprovechamiento de los recursos, se generó deterioro ambiental y alteración de las condiciones de las aguas para actividades agrícolas y ganaderas, ya que “ los desechos de las industrias causaban la reducción del cauce de ríos, invadían las tierras de cultivo y destruían las pequeñas obras de irrigación de los labradores...y desequilibrios en el consumo de agua por parte de las industrias con relación a otros consumidores” (Aboites, Birrichaga, & Garay, 2010: 26). Los avances tecnológicos también impactaron en el consumo del agua por parte de los habitantes de las ciudades, la política urbanística desde mediados del siglo XIX, paulatinamente favoreció la instalación de circuitos de tuberías en red que facilitó el suministro y dotación del agua para consumo de 10 hasta 100 litros diarios por persona, modificandose también las formas de vida con la ubicación al interior de las viviendas de regaderas, wc, lavatrastes y haciendose mas común el baño diario (Aboites et al, 2010). Esto modificó la relación del usuario con el agua en los centros de los principales asentamientos humanos urbanos del país, excluyendo a los poblados de este tipo de acciones (Birrichaga Gardida, 1998).

Las condiciones políticas, económicas, sociales y territoriales del país se transformaron con el movimiento armado iniciado en 1910, Aboites (2000), refiere que existía pesimismo entre las nuevas autoridades revolucionarias en cuanto a la dotación de agua para el campo y las actividades productivas, motivado por las condiciones geográficas del país con un régimen de lluvias poco propicio para la agricultura, la Secretaría de Agricultura y Fomento expidió en 1911 una circular en la que solicitaba a los jefes políticos y presidentes municipales datos sobre los ríos, arroyos perennes y espacios apropiados para construir presas, con la finalidad de realizar un diagnóstico y balance en la materia.

Entre 1910 y 1921 el Estado incide en la configuración socio territorial con base en los objetivos económicos y políticos heredados del Porfiriato, bajo la visión de un Estado como máximo arbitro de los conflictos sociales, proveedor, regulador y tutor de las clases desposeídas, al mismo tiempo promotor del desarrollo material del país (Cabrera Becerra, 2015), para lo cual en el caso de la tierra y el agua, se requería de un nuevo marco jurídico e institucional que: a) incorporara las demandas sociales incluidas las de los campesinos levantados en armas; b) reconociera pueblos, corporaciones y ejidos como solicitantes y usuarios de aguas federales; c) reforzara la intervención directa y creciente del Estado en la construcción de infraestructura hidráulica encausada a la

irrigación; d) garantizara mayor involucramiento de la administración federal en la organización de los usuarios para el manejo del agua.

Es así como surge la Ley Agraria el 6 de enero de 1915 y la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos en 1917, la Ley de 1915 fue la base para la formulación del artículo 27 de la Constitución incidiendo en la idea de justicia social con la restitución y dotación de tierras a quienes lo requerían, sobre todo a la población rural que en ese momento carecía de ellas (Escobar Ohmstede, 2015). En la Ley Agraria se reconoce que el despojo de tierras, aguas y montes, provocado por las disposiciones de la Ley del 25 de junio de 1856, mediante las cuáles fraccionaron y redujeron a propiedad privada (en manos de unos cuantos especuladores) los terrenos propiedad comunal o que les habían sido repartidas en la época colonial a poblaciones agrícolas, como una medida para asegurar la existencia de la clase indígena, contribuyó al descontento social del movimiento armado (Carranza, 1915). Para el reparto de tierras o concesiones, previa solicitud ante los gobernadores de los Estados o los jefes militares en caso de que el estado de guerra dificultara la acción de los gobiernos locales, se crean la Comisiones Locales Agrarias y la Comisión Nacional Agraria (Carranza, 1915). El debate sobre las concesiones de agua continuaba, Escobar Ohmstede (2015) refiere que una comisión estableció que era justo recuperar la riqueza del subsuelo y las aguas que poseían los empresarios, para lo cual Carranza emitió en 1916 una ley que obligaba a los extranjeros a renunciar a la protección de sus respectivos gobiernos en caso de conflicto provocado por la adquisición de concesiones sobre terrenos nacionales, aguas federales, fundos mineros, permisos para la explotación de productos forestales, pesqueros o petroleros. El objetivo de este instrumento legal era impedir que los capitalistas monopolizaran los recursos naturales valiéndose de sus influencias para conservar sus concesiones.

Con la Constitución de 1917, se institucionaliza la dotación al ejecutivo de poderes permanentes de dominio absoluto sobre las relaciones de propiedad. La propiedad de la nación, debe ser protegida y depositada en el Estado (Cabrera Becerra, 2015), el artículo 27 otorga a la nación los derechos territoriales derivados de la propiedad que en origen, incluidas tierras y aguas, le pertenecían desde que se independizó, con derecho a transmitir el dominio a particulares, constituyendo la propiedad privada; también le confería al Gobierno Federal facultades para expedir leyes que regularan las aguas federales de jurisdicción nacional destinadas a la irrigación y a la producción de energía eléctrica.

En esta Ley, no consideran las aguas subterráneas entre los bienes propiedad de la nación, incluso establece que cualquier otra corriente de agua no incluida en la numeración contenida en dicho artículo, se considera “parte integrante de la propiedad privada que atravesase; pero el aprovechamiento de las aguas, cuando su curso pase de una finca a otra, se considerara como de utilidad pública y quedará sujeta a las disposiciones que dicten los Estados” (Colegio de Mexico, 2004). El 6 de julio de 1917 Venustiano Carranza estableció una renta federal sobre uso y aprovechamiento de las aguas públicas sujetas al dominio de la Federación, sin embargo, los concesionarios de las aguas federales se negaron a pagar el nuevo impuesto argumentando que sufrían ataques por parte de grupos revolucionarios, sobre todo en los estados de Puebla, México y Morelos. Las compañías que usaban como insumo energía eléctrica presionaban al Gobierno Federal para que respetara los términos de las concesiones otorgadas durante el gobierno de Díaz. El 22 de diciembre de 1918, por acuerdo presidencial se acordó eximir de la contribución a los usuarios de aguas federales hasta que se restableciera el orden en los estados del centro del país. Las presiones sobre el gobierno federal por parte de los regantes no pararon, fue hasta el 20 de junio de 1921, en el gobierno de Álvaro Obregón que mediante un decreto disminuyeron los impuestos para las empresas hidroeléctricas, con la finalidad de promover la instalación de nuevas plantas de energía (Escobar Ohmstede, 2015).

Entre 1921 y 1934 la intención del Gobierno mexicano era lograr su consolidación con la reconstrucción del Estado mediante acciones tendientes a satisfacer las demandas populares, en materia agraria se promulga la Ley de la Reforma Agraria en 1923 y se crean organismos políticos con el fin de controlar el agua, el suelo y a los grupos de campesinos del centro de México. Estos organismos federales formaron parte de una política nacional dirigida a alcanzar el desarrollo del país, mediante el aprovechamiento de los recursos hídricos, para lo cual se crea en 1926 durante la administración del presidente Emilio Portes Gil, la Ley sobre Irrigación con Aguas Federales, declarando de utilidad pública la irrigación de las propiedades agrícolas privadas. En el cuerpo de la misma ley se declara la creación de la Comisión Nacional de Irrigación (CNI), dependiente de la Secretaría de Agricultura y Fomento, complementando esta acción con la Ley de Aguas de Propiedad Nacional, expedida en 1929. Este instrumento jurídico constituyó el marco legislativo para la posterior construcción de grandes sistemas de riego. Los políticos de la época veían en el control del agua para irrigación una de las bases para completar la reforma agraria y llevar a cabo la tecnificación agrícola de la nación (González, 2009, pág. 69)

Es a partir de esta Ley de 1929 y su reglamento expedido en 1930, que el Estado pronuncia interés sobre la administración de aguas subterráneas al presentar en el Art. 1°. Fracción X de la LAPN, la facultad del Estado sobre los manantiales que broten en los cauces, vasos, riberas, playas y zonas marítimas de propiedad nacional. Sin embargo, en caso de propiedades particulares, el artículo 11° señala: *...el dueño de cualquier terreno podrá alumbrar y apropiarse de las aguas que existan debajo de la superficie de su propiedad por medio de pozos y/o galerías a menos que interfiera con la corriente de agua nacional...* (Hernández Rodríguez, 2002). Así mismo, en la LAPN y su reglamento se autoriza y fomenta la inversión privada para la explotación de aguas subterráneas, protegiendo las obras que se hayan construido para su aprovechamiento mientras estén dentro de los límites de la propiedad. En los artículos 23°, 24°, 27° del reglamento de la LAPN se⁴¹ establecen algunas condiciones para el aprovechamiento de manantiales y aguas subterráneas en propiedad privada y se estipula la necesidad de concesión para futuros aprovechamientos a partir de esta Ley⁴¹ (Hernández Rodríguez, 2002).

Por otro lado, a nivel internacional a partir de la gran depresión, iniciada con el quiebre financiero de 1929, hasta la década de 1970 el Estado toma un papel de mayor intervención en la economía y la sociedad, en el caso de México, el gobierno desarrollista promueve el crecimiento económico, el empleo y el bienestar social como respuesta a las promesas de la revolución, sin embargo la prioridad de la política responde a los intereses de los empresarios y grupos de poder (Enríquez Pérez, 2006). Este interés por desarrollar la economía tuvo un impacto en el uso y aprovechamiento del agua al reconsiderar la prioridad de éstos: el uso doméstico y el público-urbano

⁴¹ Art. 23.- “Toda persona que construya una obra para el alumbramiento de aguas subterráneas en su propiedad, mediante pozos, galerías filtrantes etc., ‘será dueña de las aguas afloradas y podrá disponer libremente de ellas, sea dentro de los límites de su propiedad, sea mediante la venta del agua a terceros...”

Art. 24.- “Se considerará de propiedad privada, los manantiales que broten en propiedades particulares y cuyas aguas no afluyan en su natural a ninguna corriente o depósito de propiedad nacional...”

Art. 27.- “Todo aprovechamiento futuro de las aguas de manantiales que broten en propiedades privadas, y que afluyan a una corriente de propiedad nacional, requerirá la concesión respectiva otorgada por la secretaría, Servirá como base para esta disposición, la fecha de vigencia de la Ley (El Colegio de México, 2010).

ocupan los primeros lugares, el industrial pasa del quinto al tercero⁴², desplazando al agrícola, también se crearon zonas de veda absolutas y/o relativas aplicadas al agua destinada a riego⁴³ (Hernández Rodríguez, 2002).

Unos años después, en 1934, el presidente Abelardo Rodríguez promovió la Ley de Aguas de Propiedad Nacional donde señalaba que la nación, representada por los poderes federales, tenía la soberanía y dominio sobre las aguas (Ley de Aguas de Propiedad Nacional, Art.8°, 1934). En ella se plasmó la normatividad para el aprovechamiento de las aguas destinadas a la irrigación y el abasto en el artículo 21, en donde también se cambió el orden de preferencia en el uso del agua, se sigue dando prioridad al uso doméstico, pero se coloca en segundo lugar al abastecimiento de ferrocarriles y demás medios de transporte, en tercero a la industria y en cuarto el riego con ciertas especiaciones⁴⁴. Aboites, en el Agua de la Nación, señala que el trasfondo de la historia de los usos del agua se halla en la historia económica y política del país, donde el centralismo para México ha sido opción política para constituir un estado fuerte, es en este período (1888-1946) que el agua se transforma en mercancía y por lo tanto un objeto de negocio (Aboites A. L., 1999).

⁴² Art.18.- “Cuando concurren varias solicitudes para distinta aplicación en el aprovechamiento de las aguas, se observará el siguiente orden de preferencia:

I.- Para usos domésticos de los habitantes de poblados y para abrevadero de ganados.

II.- Para servicios públicos de poblaciones, abastecimientos de ferrocarriles y demás sistemas de transportes. III.- Para usos industriales distintos de la producción de fuerza hidráulica.

IV.- Para riego, teniendo derecho de preferencia las zonas ribereñas colindantes con la corriente o depósito de que se solicite el agua, y las pequeñas propiedades o zonas colonizadas...VII” (El Colegio de México, 2010).

⁴³ Art. 21.- La Secretaría podrá decretar vedas absolutas o relativas, para el otorgamiento de permisos, autorizaciones y concesiones para el aprovechamiento de los bienes objeto de esta Ley, ‘cuando la Comisión Nacional de Irrigación emprenda el estudio de un proyecto que requiera la conservación de las mismas condiciones en que se inicie el estudio. La declaración de veda deberá ser publicada en el Diario Oficial de la Federación, fijándose en ella el plazo de su vigencia (El Colegio de México, 2010).

⁴⁴ Artículo 21.- El orden de preferencia en el uso de las aguas, es el siguiente: ...IV.- Riego de terrenos en el orden que sigue:

a).- Los que no excedan de 150 hectáreas;

b).- Zonas que estén colonizadas o en proceso de colonización;

c).- Terrenos que pertenezcan a diversos propietarios organizados en sociedades de usuarios, en los términos de esta Ley

d).- Predios no comprendidos en los anteriores, y

e).- Riego de tierras mediante el cobro de cuotas a los usuarios.

Así, la Ley de Aguas de Propiedad Nacional de 1934 y su reglamento emitido en 1936, promueve un desarrollo masivo de pozos destinados a abastecer de agua a la Ciudad de México y a las zonas áridas⁴⁵, también se fomenta la pequeña irrigación para el apoyo al desarrollo agrícola que en este período se enfoca en la distribución de tierra como medida de solución de la pobreza y la rebelión social, fraccionando terrenos baldíos y sobre todo de haciendas privadas ; así la nueva organización del agro se da a partir de los ejidos y la Comisión Nacional de Irrigación la que dotara de agua a estos territorios (Aboites A. L., 1999).

El control del Estado también se expresa a través de la creación de nuevas instituciones, como la Secretaría de Recursos Hidráulicos a la que se le confieren amplios poderes⁴⁶ que anteriormente estaban a cargo de la CNI, del Departamento de Salubridad, a cargo de obras sanitarias, el control de inundaciones competencia de 1ª Secretaría de Comunicaciones y Obra Pública, así como la distribución del agua hasta hoy, es potestad exclusiva del gobierno federal (Aboites A. L., 1999). Desde el reglamento de la LAPN, emitido en 1936 en los artículos⁴⁷ 27 y 28°, se enuncian las condiciones para iniciar oficialmente el registro y reconocimiento del aprovechamiento de agua subterránea por particulares (Hernández Rodríguez, 2002).

⁴⁵ “En la Comarca Lagunera en 1932, de las 360 norias, el 85% estaban equipadas con bombas eléctricas, de las cuales se extraían de 80 a 100 litros por segundo durante 130 días requeridos para completar el riego por lluvia superficial” (Hernández Rodríguez, 2002: 118).

⁴⁶ Sólo la construcción y administración de plantas hidroeléctricas quedó fuera de su jurisdicción y a cargo de la Comisión Federal de Electricidad que se crea en 1936 (Aboites A. L., 1999).

⁴⁷ Art. 27.- El propietario de terrenos en donde brote un manantial de aguas, podrá ocurrir a la Secretaría para que se le reconozcan los derechos a que ese artículo se refiere. La tramitación de la solicitud se sujetará a las reglas generales que información se prescriben en este Reglamento. Si el propietario no pide el reconocimiento de sus derechos, la Secretaría está facultada para exigir en cualquier tiempo, que se compruebe la fecha en que se inició el aprovechamiento.

Art 28.- En el caso de existencia de un convenio para venta de aguas a terceros, si el interesado comprueba que éste fue anterior al primero de octubre de 1929, la Secretaría otorgará derechos a fin de que continúe dicha venta por el tiempo necesario para la amortización del costo de las obras construidas para el aprovechamiento. Dicho tiempo se contará a partir de la fecha del convenio. (El Colegio de México, 2010).

3.2.1 La Gestión Hídrica expresada desde los planes y programas del gobierno mexicano y las acciones aisladas en la CAA: 1934-1970

La intervención del Estado, en el tiempo y en el espacio expresada desde los planes y programas de desarrollo, se ha dado a partir de un proceso estructurado, regulado y legitimado por las diversas instituciones y organizaciones del gobierno que han conciliado entre diferentes intereses muchas veces contradictorios a partir de los problemas públicos definidos diseñando un proyecto de nación. Así se construyen a partir de 1934, los instrumentos de planeación que intentan dirigir el proceso de desarrollo bajo la concepción predominante en las teorías del contexto nacional e internacional, así como del marco legal y las organizaciones sociales nacionales e internacionales (Enríquez Pérez, 2006).

Igualmente, las políticas públicas⁴⁸ sectoriales desprendidas de los planes y programas generales de desarrollo son instrumentos de la acción u omisión de los gobiernos sobre la idea de sociedad que se pretende lograr a través de sus proyectos, que muchas veces alteran, aceleran o retardan la dinámica natural; moderando o acentuando sus contradicciones o profundizando los desequilibrios territoriales y sociales (Enríquez Pérez, 2006). Otros documentos oficiales importantes que sustenta la acción del Estado sobre el territorio son; la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, las legislaciones nacionales en materia de planeación, del agua, del desarrollo social, del medio ambiente; los decretos y las política públicas específicas relacionados con la intervención del sector público y con la dinámica del proceso económico; los planes y programas de gobierno diseñados en las entidades federativas y en los municipios; documentos operativos como la Ley de Ingresos y el Presupuesto de Egresos de la Federación; variados documentos publicados en el Diario Oficial de la Federación.

Planes y programas de 1934-1970

La presentación de este apartado, a partir de la exposición de los planes y programas no es la de exponer las buenas intenciones en cada plan sino la de señalar los cambios en la concepción sobre

⁴⁸ “Las políticas públicas, son instrumentos gubernamentales, que expresan la conciliación y la toma de decisiones entre variados actores y organizaciones políticos y socioeconómicos, que intervienen directa o indirectamente en la construcción de mercados, en el logro del bienestar social y en la promoción y gestión del proceso de desarrollo” (Enrique Pérez, 2006:137).

el proceso de desarrollo en los diferentes sexenios que tuvieron incidencia en la transformación de la CAA.

En el primer Plan Sexenal (1934-1940) se diseña la política pública que intentaba dar soluciones a los problemas críticos que eran: rezago en el sector agropecuario con respecto a la expansión industrial, insuficiencia en los ingresos públicos, desequilibrio en el sector externo, bajo desarrollo del sector agropecuario, y necesidad de fortalecimiento del mercado interno (González, 2009). Este plan permitió al Estado contar con una plataforma de orientación de -los recursos y el desarrollo agrícola con el reparto agrario y el apoyo material a través de créditos a campesinos. Así, se apoyó el incremento de la producción, del nivel de vida y se dio atención a la seguridad jurídica, a la salubridad, a la educación y la infraestructura, iniciándose la industrialización del país. Otra característica relevante del primer Plan Sexenal fue la nacionalización del subsuelo. Mediante la recuperación de los recursos naturales en manos de extranjeros. Los cuatro puntos principales a través de los que se dirigiría el desarrollo serían: el agrario, obrero, industrial y, el educativo (Enríquez Pérez, 2006)⁴⁹.

El Plan Sexenal (1940-1946), da continuidad a la política de intervención del sector público en la dirección de la economía a partir de la reforma agraria y la inversión en infraestructura para impulsar el uso de los adelantos técnicos en el proceso productivo, y evitar la injusticia social. También se concibe la necesidad de un crecimiento de la economía a un ritmo superior al incremento poblacional para generar condiciones para el mejoramiento de la calidad de vida; para alentar la explotación capitalista del campo en la CAA, se estimula la industrialización de los productos agropecuarios, forestales y pesqueros. La inversión del Estado en la región de estudio para generar las condiciones para el desarrollo se enfoca a la construcción de dos presas: Atlangatepec y Manuel Ávila Camacho o (Valsequillo)⁵⁰, así como la creación del distrito de riego Atoyac-Zahuapan no. 56. En la CAA, se promueve la producción de trigo en la planicie de Puebla-Tlaxcala y en la presa

⁴⁹ Para sustentar este Plan surgen varias organizaciones como son la confederación de trabajadores de México CTM la confederación nacional campesina CNC y fundación de sindicatos de trabajadores al servicio del estado FSTE.

⁵⁰ La presa Valsequillo, se construyó entre 1941-1946 para aprovechar los escurrimientos del río Atoyac. El embalse cubre 2,750 Ha e inicia operaciones en 1946 para cubrir una necesidad de riego en la zona de Tecamachalco (Cedeño, Téllez, Pacheco, Rosano & Ascencio, sin año).

de Atlangatepec la pesquera. Sin embargo, se da prioridad a la construcción de infraestructura orientada a la industrialización y en menor medida al sector agropecuario, por lo tanto, en la rama de comunicaciones y de energía eléctrica se incrementa el gasto público para generar las condiciones para el desarrollo. Por otro lado, se privilegia a las empresas paraestatales y a las administradas por los trabajadores para concesionar ciertos servicios, para lo cual se apoya la unificación de los trabajadores y el robustecimiento de su organización.

El Plan Sexenal (1946-1952)

El Desarrollo estabilizador: El milagro mexicano (1952-1970)

3.2.2 Planificación del desarrollo nacional 1970-1992

A pesar de existir siete planes de desarrollo nacional, con la intención de guiar el desarrollo para solucionar los problemas que persisten: **El rezago en el sector agropecuario con respecto a la expansión industrial**, ingresos públicos insuficientes, desequilibrio en el sector externo, bajo desarrollo del sector agropecuario y necesidad de fortalecimiento del mercado interno. (González, 2009). Se reconoce ineficiencia en los modelos de desarrollo anteriores; es así como en el sexenio de Luis Echeverría (1970-1976), se inició una segunda etapa de planeación, especialmente para el desarrollo urbano.

3.2.2.1 Sexenio 1970-1976

La estrategia que se sigue en el Sexenio 1970-1976, tendería a la modernización del sector industrial, el fortalecimiento financiero del aparato estatal, el mantenimiento de la paz social, la preparación de cuadros técnicos calificados, la creación de un clima de diálogo y la apertura social para obtener consenso necesario para implementar las reformas, ésto lo hizo a partir de la Estrategia Tripartita Obreros, Patrones y el Estado (López R, 1992).

En cuanto a la Planeación Urbana, el mayor triunfo de esta administración fue la creación de la *Ley General de Asentamientos Humanos*, de mayo de 1976 ⁵¹. Esta ley representó un paso importante en cuanto a la *intención* de generar un sistema urbano más equilibrado (López, 1992,110).

⁵¹ En la Conferencia de las Naciones Unidas sobre los Asentamientos Humanos, realizada en Vancouver, el gobierno mexicano reconoce al problema urbano como resultado de una economía impuesta, que responde a los intereses metropolitanos con base en la acumulación de riqueza y de poder en la especulación y el desperdicio.

En la Ciudad de México se dan acciones encaminadas a fortalecer el marco jurídico e institucional para el Desarrollo Urbano del D.F. Se declara una zona de conurbación, con la intención de posibilitar decisiones integradas. Sin embargo, Hiernaux (1989) manifiesta que estas medidas se deben a las inquietudes y presiones de organismos internacionales como las Naciones Unidas y el Banco Mundial.

En cuando a la Planeación en el ámbito urbano-territorial, la estrategia de desarrollo del país implementada en este sexenio es la de elaborar planes que guien hacia el cumplimiento de objetivos dentro de éstos se encuentran:

- Plan Nacional Hidráulico, 1975.
- Plan Nacional Agrícola, 1975.

Por ejemplo, en el plan Hidráulico se establece un nuevo marco para 25 años, para la programación en corto y mediano plazo de las intervenciones hidráulicas, para una mayor racionalidad en el uso del agua, en el Agrícola, los objetivos eran canalizar mayores recursos al campo, mejorar el aprovechamiento de la tierra y el agua, fomentar la infraestructura para el beneficio de la población rural, incrementar el rendimiento unitario de los cultivos y ampliar la superficie cultivada. Para cumplir dichos objetivos se dieron en materia de planeación sectorial y regional las siguientes acciones: Creación de la Coordinación para el Desarrollo Industrial del Sector Agropecuario y de la Política Industrial del Sector Público, Formación de la Comisión Nacional de Desarrollo Regional, que se transforma en la Comisión Nacional de Desarrollo Regional y Urbano, entre otras. (López R, 1992, pág. 113)

Con la creación de estas coordinaciones y comisiones, el gobierno trata de guiar las acciones de las instituciones de gobierno para el cumplimiento de los objetivos de los planes y programas planteados.

3.2.2.2 Sexenio 1976-1982

A principios del Sexenio de 1976-1982, se creó la Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas, con el fin de coordinar todas aquellas instituciones relacionadas con la planeación urbana.

En 1978, se aprueba el Plan Nacional de Desarrollo Urbano (PNDU)⁵², con el fin de reordenar el territorio considerando que la distribución urbano-territorial que ha seguido el país ha sido asimétrica con respecto a los recursos de mayor potencial de éste. Sin embargo, el PNDU se limita a una acción de planificación normativa (López, 1992: 115). Sin duda la creación del PNDU es un avance de la planeación institucionalizada, enfocada hacia la descentralización en el discurso, pero concentración de inversiones en la Ciudad de México que se incrementaron desde 1976 hasta 1988.

Un aspecto importante del PNDU, es la distribución regional de los Sistemas Urbanos que caracteriza a 14, también identifica diferentes rangos donde la Zona Metropolitana de la Ciudad de México ocupa el primer nivel, las de segundo rango son núcleos urbanos entre 1 y 10 millones de habitantes, las de tercer rango formadas por poblaciones desde 500 mil hasta 1 millón de habitantes y de cuarto rango, están las ciudades que tendrían entre 100 mil y medio millón de habitantes. La ZMPT que se ubica dentro de la CAA, ya se identifica dentro de estos sistemas, se caracteriza en un tercer rango.

Los planes y programas relevantes para 1980 fueron:

- *Plan Nacional de Desarrollo Industrial, 1979-1982*
- *Plan Nacional de Desarrollo Pesquero 1977-1982*
- *Programa de Energía*
- *Programa Integral de Desarrollo Rural 1978-1982.*
- *Programa Nacional de Ciencia y Tecnología (1978-1982)*

En el sector agua en el norte, es necesario disminuir la sobreexplotación de los acuíferos en especial en la Comarca Lagunera, y se intensifica la veda a partir de los años 70 (Wolfe, 2013). Sin embargo, el conflicto del agua subterránea en México se sustenta en mantener el sobreconsumo del agua y dar solución a partir de la perforación de pozos. Así, la historia pretende dar lecciones del pasado a situaciones del presente, al identificar que el origen del problema de la crisis actual del

⁵² Los objetivos del Plan se plantean de la siguiente manera: *Racionalizar la distribución en el territorio nacional, de las actividades económicas y de la población, localizándolas en las zonas de mayor potencial del país. Otro fue promover el desarrollo urbano integral y equilibrado en los centros de población. Propiciar condiciones favorables para que la población pueda resolver las necesidades del suelo urbano, viviendo, servicios públicos, infraestructura y equipamiento urbanos y Mejorar y preservar el medio ambiente para los asentamientos humanos.*

agua subterránea surge desde el período posrevolucionario (Wolfe, 2013) justificado por la prevalencia del desarrollo económico sobre el ambiental.

3.2.2.3 Sexenio de 1982 a 1988

México experimenta de nuevo una crisis caracterizada por elevada inflación, desempleo, alto déficit público, alta tasa de interés y elevada deuda externa. En este contexto, el Plan Nacional de Desarrollo tenía entre otros objetivos: consolidar la independencia de la nación; fortalecer las instituciones democráticas; vencer la crisis; recuperar la capacidad de crecimiento y fomentar cambios cualitativos en la estructura económica, política y social (Ávila, 1993).

Bajo estas condiciones, la planeación del territorio nacional intenta a través de la descentralización, reorientar geográficamente la distribución de las actividades productivas, del bienestar social y de la población, a partir de diversos programas tales como el Programa de Desarrollo de la Zona Metropolitana y la Región Centro (1983). Otra política de índole regional fue la estrategia para impulsar las ciudades medias (comprendidas como un centro de población de cien mil a un millón de habitantes) a partir del fomento industrial (22 ciudades identificadas), apoyo agropecuario (20 ciudades) e impulso a la actividad turística (18 ciudades). Dentro de la región de estudio se impulsan las ciudades medias en el sector industrial, a partir de la construcción de nuevos parques industriales en la región Puebla-Tlaxcala, lo que va consolidando cada vez más a las Zonas Metropolitanas que contiene la CAA.

También en este período se dan las bases normativas para comenzar a utilizar mecanismos de coordinación con los estados y municipios, especialmente en procesos de descentralización, de planeación y gestión financiera, así como para la ejecución de proyectos de inversión y descentralización administrativa (López, 1992:120).

- El deterioro causado a los ecosistemas naturales y los impactos bioculturales no estaban planteados como una preocupación, ya que en nuestro entorno (mexicano) es hasta mediados de la década de los ochenta que se empieza a vislumbrar la problemática ambiental, sin embargo, la inercia de las formas civilizatorias en que se ha transformado el territorio sigue latentes en nuestra sociedad.

3.2.3.4 La planeación de 1988 a 1999

Es a partir de este período, que se implementa el marco normativo que sustente el modelo económico de liberalismo social, el cual apoya la reducción de la participación estatal, la desincorporación y privatización de empresas, el incremento del PIB a través de inversión extranjera.

En este período nace la Comisión Nacional del Agua (15 de enero de 1989), por Decreto Presidencial, como un órgano desconcentrado de la SARH (Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos). Se convierte como la única autoridad federal facultada para administrar las aguas nacionales. Y es hasta 1993 que se constituye el primer Consejo de Cuenca de México (Lerma-Chapala). En 1994, CONAGUA cambia del sector agricultura al ser un órgano descentralizado del sector medio ambiente (Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca -SEMARNAP) y finalmente en 1998 se constituyen las 13 regiones hidrológicas que administran el agua de México. Este período incluye dos sexenios para los estados que comparten la CAA, donde se observan muestras de deterioro ambiental y las primeras acciones para la protección y conservación de los recursos naturales (Espejel, 2007).

En el caso de la CAA, los procesos de deterioro de suelo, agua y clima son las principales causas del desequilibrio hídrico de la región. En el suelo se observa erosión y deforestación, existiendo una estrecha relación entre estos dos fenómenos ya que las zonas boscosas se encuentran principalmente sobre laderas, que al ser deforestadas son muy susceptibles a la erosión eólica e hídrica. Los municipios más afectados están ubicados en la parte alta de la Cuenca y al sur de la misma. Las áreas naturales La Malinche y el Parque Nacional Popocatepetl- Iztaccíhuatl, tienen la mayor superficie arbolada, pero a pesar de estar protegidas, esta superficie disminuyó en tanto las áreas de cultivo aumentaron⁵³.

⁵³ En el año 2010, se calculó que en un período de 35 años (1975-2010) la Cuenca perdió 11 445 ha (40.02%) de vegetación arbórea y 40 426 ha (72.70%) de vegetación arbustiva por el proceso de deforestación, esto significa una pérdida de más de las tres cuartas partes de su cobertura vegetal, con una erosión severa asociada al suelo sin cobertura o una vegetación de matorral o bosque abierto. La velocidad de la erosión oscila entre 300 y 600 t/ha/año, se localiza en bosque de pino, encino, junípero, eriales o zonas agrícolas con pendientes entre 18 y 25%. La compactación del suelo que domina es la moderada entre 2.2 y 5.5 kg/cm³, situación que limita un poco el paso del agua por el suelo, la mayoría de los cuerpos de agua están contaminados (Alvarado, Martínez, María & Rolando, 2011). El impacto de la lluvia contra superficies de suelo desprotegido.

En cuanto al agua, la principal problemática identificada era la contaminación del recurso hídrico. Los ríos de la CAA ya presentaban altos índices de contaminación, causados por elevadas descargas de desechos sólidos y líquidos degradados de usos domésticos, agrícolas e industriales⁵⁴.

Se inician acciones para la planificación ambiental regional, a partir de una visión integral de naturaleza-sociedad. Se actualizan reglamentos aplicables en materia de desarrollo industrial, se instauran a nivel federal instituciones tales como la Comisión Nacional de Biodiversidad (CONABIO) y la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), entre otras. Instituciones que diseñan y aplican programas de recuperación y conservación de suelos, de bosques, agua y de educación ambiental a la población para concientizarla, entre otros.

En conclusión, como se observa en la reseña de la planeación, en México se ha dado prioridad al enfoque económico y no se ha integrado a la planeación algunos de los siguientes factores que se consideran indispensables en la planeación territorial:

- 1) Los factores naturales y el posible deterioro de los mismos considerando su capacidad de carga y/o de auto regeneración.
- 2) Los factores humanos, sociales, culturales, económicos, políticos, tecnológicos y administrativos en la formación y evolución histórica de las regiones mexicanas. Aunque existen leyes y mandatos que favorecen los aspectos político-institucionales para el desarrollo en teoría equilibrado de las regiones, pero de hecho no se ha dado. Por ello en situaciones como la gestión del agua ha prevalecido el control absoluto y centralizado por el

⁵⁴ El río Atoyac en el tramo comprendido entre la ciudad de San Martín Texmelucan y la desembocadura a la Presa de Valsequillo, se ha considerado contaminado ocho veces superior al límite de lo que la propia CONAGUA clasifica como aceptable, la contaminación es de tal magnitud que el Tribunal Latinoamericano del Agua en el 2006, dictaminó la situación como “un grave desastre ambiental y social” (Agua, 2006). La zona ha perdido el oxígeno suficiente, de manera que no es posible la vida de peces y otras especies acuáticas. El agua contiene metales pesados como mercurio y plomo, extremadamente tóxicos, solventes (cloroformo y benceno), compuestos como Cloruro de vinilo y disruptores hormonales como DEHP (Bis-2-(Etilhexil) falato), que producen efectos directos sobre el sistema endócrino y en la reproducción. Las propiedades fisicoquímicas de la mayoría de estos disruptores, los hace potencialmente riesgosos, ya que son fácilmente dispersados en el aire y en consecuencia el riesgo de exposición es alto. También se detectó pentaclorofenol, sustancia utilizada en la industria textil, tiene efectos a largo plazo en el sistema inmunológico y endócrino, aumenta la susceptibilidad a infecciones, altera las funciones reproductivas ya que es un mutágeno. El uso del pentaclorofenol está restringido o totalmente prohibido, en varios países por su capacidad de bioacumulación, toxicidad y persistencia en el ambiente (Greenpeace, 2014).

Estado⁵⁵. Aunque existen en la historia de este territorio, algunos momentos, donde los usuarios conservaban la Cuenca como territorio productor de agua.

En el caso de la planeación de un territorio hidrológico, se requiere la adopción de manera permanente de un enfoque sistémico, completo y equilibrado, para todos los usos del agua. Sin embargo, en las Cuencas de México, por diversos aspectos, la planeación territorial no ha tenido este enfoque y se provocaron algunos de los siguientes impactos:

- Alteraciones de las funciones naturales de la Cuenca por intervenciones del ser humano: deforestación, construcción de viviendas en zonas de riesgo, expansión urbana desordenada y el establecimiento de parques industriales en zonas de alto potencial agrícola.
- Afectaciones a la dinámica hídrica de la Cuenca, por la cantidad y calidad del agua desalojada de los usos agrícola, industrial y humano. Contaminando tanto el agua superficial como la subterránea.
- Inequidad en el acceso a los recursos naturales.

3.3 Marco normativo actual

La actual Ley de Aguas Nacionales expedida el 24 de noviembre de 1992 y publicada en el Diario Oficial de la Federación del 1º de diciembre del mismo año es la base del marco legal e institucional que sustenta la Gestión Hídrica en México. La LAN es reglamentaria del artículo 27 Constitucional en materia de aguas nacionales en los términos de los artículos 1º y 4º sus disposiciones son de orden público e interés social y su objeto consiste en regular la explotación, uso o aprovechamiento de dichas aguas, su distribución y conservación en cantidad y calidad en una visión de desarrollo sustentable, así mismo, se establece la planeación y programación hidráulica considerando una mayor participación de los usuarios del agua y se consolida a la CONAGUA como autoridad federal única, estableciendo como función principal la de orientar, coordinar y regular el aprovechamiento del recurso hídrico (LAN, 1992, Art. 1º, 4º).

⁵⁵ El control del recurso agua, ha sido una política administrativa con impacto territorial desde hace siglos, como una forma de detentar el poder y control sobre la población por parte del Estado.

Esta Ley tuvo una importante reforma en 2004 donde el agua fue definida como un bien de dominio público federal, vital, vulnerable y finito, con valor social, económico y ambiental, cuya preservación es tarea fundamental del Estado y la Sociedad (LAN, 2004, Art.1º). Esta Ley se considera un punto de inflexión hacia la GIRH, para lo cuál se establece un proceso de descentralización de algunas funciones clave para los municipios, la formación de organizaciones de cuenca y distritos de riego. Bajo esta Ley se crearon las Comisiones de Cuenca para abordar problemas del agua a nivel de subcuenca. Estos organismos trabajan como mecanismos para la participación de los involucrados, CONAGUA ha cconstituído 26 Consejos de Cuenca que trabajan con 35 Comisiones de Cuenca, 47 Comités de Cuenca y 87 Comités Técnicos de Agua Subterránea (COTAS) y 39 Comités locales de playas limpias (CONAGUA, 2015).

Sin embargo, el proceso de descentralización en México inicia en los 1980's al delegar los servicios de agua a los municipios. En 1983, las reformas al artículo 115 de la Constitución de los Estados Unidos Mexicanos establecía dentro de las funciones exclusivas de los municipios⁵⁶, la dotación de servicios públicos entre ellos agua potable, drenaje y saneamiento y al gobierno estatal como una entidad de transición. En muchos casos los gobiernos estatales transfirieron las nuevas obligaciones a los municipios inmediatamente (Fernández Ruiz, 2002) así mismo, en 1989, se crea la Comisión Nacional del Agua como órgano administrativo desconcertado de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (Decreto del 16 de enero de 1989).

3.3.1 Ley de Aguas Nacionales

Como se menciona en párrafos anteriores, esta Ley es el punto de Inflexión para la GIRH, en el artículo 7º se declara que la GIRH de las aguas nacionales es una prioridad y asunto de seguridad nacional. La protección, mejoramiento, conservación y restauración de cuencas hidrológicas de utilidad pública, así como el cambio en el uso del agua para destinarlo al uso doméstico y al público urbano. En el 7 Bis, fracciones V, VI y VI se expone de interés público entre otras causas, la atención prioritaria de la problemática hídrica en las cuencas y regiones hidrológicas con escasez del recurso,

⁵⁶ Sin embargo, la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos también establece que los gobiernos municipales pueden colaborar con otros municipios o el gobierno estatal para dotar los servicios de agua potable, drenaje y saneamiento (IMCO, 2014).

solucionando los conflictos a través del control de la extracción, explotación, uso o aprovechamiento de las aguas superficiales. (LAN, 2004)

También en los artículos 9º y 15º se establece que la planificación hídrica debe ser de carácter obligatoria para la GIRH, conservación de los recursos naturales, de los ecosistemas vitales y del medio ambiente, así mismo se establece que la CONAGUA es la responsable de integrar y formular el Programa Nacional Hídrico en los términos de la Ley de Planeación, así como de actualizar y vigilar su cumplimiento, además de proponer criterios y lineamientos que permitan dar unidad y congruencia a las acciones del Gobierno de la República en materia de aguas nacionales. (LAN, 2004).

En el artículo 22 párrafo II, se señala que, para el otorgamiento de concesiones o asignaciones, debe tomarse en consideración la disponibilidad media anual del recurso, que se revisará al menos cada tres años, para lo cual dispone en su último párrafo, que la CONAGUA debe publicar la disponibilidad de las aguas nacionales superficiales por cuenca (LAN, 2004). Para la Región Hidrológica del Balsas, a la cual pertenece la CAA, el 26 de enero de 2011, se publica en el DOF, los resultados de los *estudios técnicos de aguas nacionales superficiales de esta región* donde se dan a conocer todos los elementos técnicos, económicos y sociales que hacen necesario la modificación de la veda en la RH18, modificación al decreto de veda que se publica en marzo de 2011 (Congreso de la Unión, 2011).

3.3.2 Planeación Nacional

La elaboración de Planes Nacionales responde a la Ley de Planeación donde se especifica en el artículo 3º que la planeación nacional de desarrollo es la *ordenación racional y sistemática de las acciones que, con base al ejercicio de las atribuciones del Ejecutivo Federal en materia de regulación y promoción de la actividad económica, social, política, cultural, de protección al ambiente y aprovechamiento racional de los recursos naturales así como de ordenamiento territorial de los asentamientos humanos y desarrollo urbano, tiene como propósito la transformación de la realidad del país, de conformidad con las normas, principios y objetivos que la propia Constitución y la ley establecen.* (Congreso de la Unión, 2017).

Mediante la planeación se fijan objetivos, metas, estrategias y prioridades, así como criterios basados en estudios de factibilidad cultural; se asignan recursos, responsabilidades y tiempos de ejecución.

3.3.2.1 Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018

Aquí se traza los grandes objetivos de las políticas públicas y se establece las acciones específicas para alcanzarlos. Se trata de un plan con 5 ejes: 1, México en Paz, 2. México Incluyente, 3 México con Educación de Calidad, 4 México Próspero y 5 México con Responsabilidad Global. En los ejes 2 y 4, se perfilan acciones para la conservación del Territorio y para la cobertura de los servicios de agua potable y saneamiento, un México Incluyente implica el acceso a los servicios básicos de agua potable, drenaje y saneamiento, así como favorecer el desarrollo urbano sustentable como se presenta en el objetivo 5: *proveer un entorno adecuado para el desarrollo de una vida digna*. Para lograr un México Próspero se reconoce la necesidad de un desarrollo sustentable a partir de la conservación del capital natural y sus bienes y servicios ambientales, por lo tanto, el objetivo 4 de este eje es: *Impulsar un crecimiento verde incluyente y facilitador que preserve nuestro patrimonio natural al mismo tiempo que genere riqueza, competitividad y empleo*.

3.3.2.2 Programa Nacional Hídrico 2014-2018

Dentro de la planeación nacional, se ordena la planeación sectorial que para el caso del agua, se elabora el Programa Nacional Hídrico, donde los objetivos que plantea el PNH 2014-2018 son:

1) Fortalecer la Gestión Integrada y Sustentable del agua: para ello se propone ordenar el uso del agua en cuencas y acuíferos, modernizar y ampliar la medición del ciclo del agua y promover la mejora permanente del gobierno y gobernanza del agua para incrementar su eficacia via la participación social y la coordinación inter e intransistucional.

2) Incrementar la seguridad hídrica ante sequías e inundaciones; con el fin de reducir la vulnerabilidad de asentamientos humanos y evitar pérdida de vidas y daños materiales se propone reforzar acciones de prevención tales como evitar la invasión de causas y zonas federales, reubicar asentamientos en zonas de alto riesgo o construir infraestructura de protección y mitigación para inundaciones. También instalación de sistemas de alerta temprana. Fortalecer asimismo el Sistema Meteorológico Nacional para contar con mejor y más oportuna información. Para las sequias igual

se pondrá en marcha un programa diseñado para preparar, auxiliar con oportunidad y eficacia a la población afectada, actualizando las políticas de operación de las principales fuentes de abastecimiento, orientadas a la optimización y la máxima productividad hídrica, fortalecer la coordinación de los tres órdenes de gobierno.

3) Fortalecer el abastecimiento de agua y el acceso a los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento, el principal reto es atender a la población rural que se encuentra dispersa y el cumplimiento de los municipios pequeños en la dotación de agua potable, drenaje, alcantarillado, tratamiento y disposición de sus aguas residuales además de cumplir con la calidad del suministro de manera suficiente, salubre, accesible y aceptable. Por ello se proponen acciones para impulsar el desarrollo de sistemas alternativos para acercar el agua potable e impulsar el saneamiento básico. A pesar que México ha alcanzado cumplir las metas de desarrollo del milenio en el tema del agua, sin embargo el tratamiento de aguas residuales es un reto aún, a pesar de la inversión en este rubro el resultado aún es pobre alrededor del 50% (CONAGUA, 2015). También la condición de los organismos operadores prestadores de esos servicios necesita incrementar la eficiencia y capacidad técnica, administrativa y financieras, por ello se promueven acciones coordinadas con distintos niveles de gobierno y la sociedad. Incrementar las coberturas de agua potable y alcantarillado privilegiando a la población vulnerable.

4) Incrementar las capacidades técnicas, científicas y tecnológicas del sector; es importante la comprensión del ciclo hidrológico en la población, para alentar la participación informada y responsable de la sociedad, así mismo de procesos tecnológicos, de los aspectos culturales, sociales, legales y económicos.

5) Asegurar el agua para el riego agrícola, energía, industria, turismo y otras actividades económicas y financieras de manera sustentable, para esto se plantean diversas estrategias tecnológicas para eficientar el riego, ampliar zonas, rehabilitación y conservación de la infraestructura y la orientación de las actividades económicas hacia zonas con disponibilidad de agua.

6) Consolidar la participación de México, en el contexto internacional en materia de agua. México pretende continuar como un actor relevante en el contexto internacional, para lo cual ha fortalecido su marco institucional desde la década de los ochenta como se presenta en párrafos anteriores, esto permite ofrecer su visión, su modelo de gestión para intercambio de mejores prácticas y tecnologías.

3.3.2.3 Programa Hídrico Regional Visión, 2030: Región Hidrológico-Administrativa IV-Balsas

Este programa señala los retos, estrategias y acciones que permitirán hacer realidad la Agenda del Agua 2030 (AA2030) a nivel regional. Donde la visión es entregar en 2030 a la siguiente generación un país con ríos limpios, cuencas y acuíferos en equilibrio, cobertura universal de agua potable y alcantarillado, y asentamientos seguros frente inundaciones catastróficas. La AA2030 propone una estrategia general a partir de la GIRH, para asegurar que todas las cuencas del país cuenten con una estructura de gobierno sólida, con la capacidad suficiente para gestionar los recursos hídricos de forma corresponsable y sustentable donde la cuenca, junto con los acuíferos, es la unidad territorial básica para la gestión integrada de los recursos hídricos y los ecosistemas relacionados, en donde se lleva a cabo la coordinación de la planeación, la realización y administración de las acciones de gestión del agua por cuenca hidrológica a través de los Consejos de Cuenca y sus órganos auxiliares, (CONAGUA, 2012).

3.3.3 Otras leyes sectoriales y de la administración pública relacionadas

La Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) es la Ley ambiental marco a nivel nacional, que establece las bases para la preservación, restauración y mejoramiento del ambiente, precisando las competencias que les corresponden a los tres órdenes de gobierno tanto en la explotación uso o aprovechamiento de los recursos naturales como en la prevención y control de la contaminación de agua, suelo y aire. (Congreso de la Unión, 1988), Para la protección ambiental en los estados de la Cuenca, también se tienen; la Ley de Protección al Ambiente y al Equilibrio Ecológico del Estado de Puebla y la Ley de Ecología y de Protección al Ambiente del Estado de Tlaxcala.

Dependiendo de la jurisdicción de las aguas, existen otras leyes que regulan la prestación de los servicios públicos de agua potable, drenaje, alcantarillado, tratamiento y disposición final de aguas residuales tratadas que no sean nacionales, sin de jurisdicción estatal, que de acuerdo con la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, son aquellas que no son nacionales y se “localizaren en dos o más predios para el caso de la CAA, son la Ley de Agua y Saneamiento del estado de Puebla y la Ley de Aguas para el estado de Tlaxcala.

Otras leyes promueven disposiciones especialmente relacionadas con la prevención y control de la contaminación de la atmósfera, agua y suelo. (Normas mexicanas...) NOM-011-conagua-2000 (SEMARNAT, 2000), establece las especificaciones y el método para determinar la disponibilidad

media anual de las aguas nacionales, misma que toma como base los volúmenes de extracción, recarga y escurrimiento; NOM-011-conagua-2015 (SEMARNAT, 2015), establece las especificaciones y el método para determinar la disponibilidad media anual de las aguas nacionales”, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 27 de marzo de 2015 y con información inscrita en el Registro Público de Derechos de Agua al 31 de diciembre de 2015.

También están las leyes forestales, para promover el desarrollo forestal sustentable, y las atribuciones y funciones que en materia ambiental y forestal se convengan con la Federación. En la Cuenca están: Ley de Desarrollo Forestal Sustentable del Estado de Puebla y la Ley de Desarrollo Forestal Sustentable para el estado de Tlaxcala.

Dentro de las leyes que regulan el ordenamiento de los asentamientos humanos y el desarrollo urbano de los estados de la región están: Ley de Desarrollo Urbano del Estado de Puebla y la Ley de Ordenamiento Territorial para el estado de Tlaxcala. Las que plantean la ordenación racional de acciones que se requieren para promover el bienestar social y económico de la población⁵⁷.

A continuación se presenta un cuadro resumen del marco jurídico que ha sustentado la gestión hídrica en nuestro país desde la Reforma y el Porfiriato hasta nuestros días.

⁵⁷ Ley de Planeación para el Desarrollo del Estado de Puebla y la Ley de Planeación del Estado de Tlaxcala.

Tabla 19. Marco Jurídico desde la Reforma y el Porfiriato hasta nuestros días

La Reforma y el Porfiriato		
Ley/Fecha	Art.	Características/Observaciones
Ley de Vías Generales de Comunicación 1888	1º	Se establece la jurisdicción federal en los ríos, lagos y canales navegables, y de aquellos que servían de límite entre uno o más estados:
	2º	Se confiere al ejecutivo federal la vigilancia, y policía de estas vías de comunicación y la facultad de reglamentar el uso público y privado
Ley del 16 de mayo de 1906		Primera en aprovechamiento del agua subterránea, con el fin de incentivar la explotación de los acuíferos a fin de obtener más agua para la agricultura, la generación de energía eléctrica y el uso industrial.
Ley de Aguas de Jurisdicción Federal (LAJF) 1910	2º	Las Aguas de Jurisdicción Federal son de dominio público y de uso común, exclusivos y duraderos Tampoco se limita el uso a los diferentes usuarios ya que la ley permitía que el concesionario podría vender el agua con previa aprobación del gobierno.
	7º	Para el uso y aprovechamiento de las AJF se conceden el orden de preferencia: I. Uso doméstico de los habitantes, II. Servicios públicos, III Riego, IV Producción de energía, VI, Servicios industriales y entarquinamiento de terrenos.
	19	Fracción V. "Los máximos de las tarifas que el concesionario podrá cobrar a los consumidores por la ministración de agua, serán sometidas a la aprobación de la Secretaría de Fomento.
México Posrevolucionario		
Constitución de los Estados Mexicanos 1917	27 Párrafo 1º	La nación era la propietaria originaria de las tierras, las aguas y el subsuelo comprendidas dentro de su territorio. "Son también de propiedad de la nación las aguas de los mares territoriales en la extensión y términos que fije el Derecho Internacional, las de las lagunas y esteros de las playas, las de los lagos interiores de formación natural, que estén ligados directamente a corrientes constantes, las de los ríos principales o arroyos afluentes desde el punto en que brota hasta su desembocadura; las de las corrientes intermitentes que atraviesen dos o más estados ; las aguas de los ríos, arroyos o barrancos, cuando sirvan de límite al territorio nacional o al de los estados; las aguas que se extraigan de las minas y los cauces, lechos o riberos de los lagos y corrientes anteriores existencia que fija la ley. Cualquiera otra corriente de agua no incluida anteriormente, se considera como parte de la propiedad privada que atravesase, pero el aprovechamiento de las aguas, cuando su curso pase de una finca a otra, se considerará como de utilidad pública y quedará sujeta a la disposición que declaren los estados"
Revolución en la Política Hidráulica: Creación de la Comisión Nacional de Irrigación (CNI)		
Ley sobre Irrigación con Aguas Federales, (LIAF) 1926	13º	La explotación de las obras se sujetará a las siguientes prescripciones: ... b) Cuando se haya obtenido el reembolso del gasto total, o cuando los propietarios hayan ejecutado directamente las obras, se concederá la explotación a los usuarios.
	15º	No se comprende en la presente ley las tierras de propiedad privada que no siendo susceptibles de irrigación con AJF, lo sean, con la jurisdicción de los estados o con aguas que de acuerdo con el art 27 de la Constitución, sean del dueño del suelo (LIAF, 1926)
Ley de Aguas de Propiedad Nacional (LAPN) 1929	1º	Surge para regular otros usos del agua fuera de irrigación. Es el primer intento de regular el agua subterránea al incluirse a los manantiales: "..., IX las que extraigan de las minas y X las de los manantiales que broten en los cauces, vasos, riberas, playas y zonas marítimas de propiedad nacional".
	11º	El dueño de cualquier terreno podrá alumbrar y apropiarse libremente por medio de pozos y/o galerías. Las aguas que existan debajo de la superficie de la finca, con tal que no perjudique aprovechamientos existentes, ni distraiga o aparte aguas de propiedad nacional o privada de su corriente natural. Si sucediera alguna afectación por obras o aprovechamiento, la Secretaría podrá suspenderlas.
Reglamento de la LAPN 1930	19º	Cualquier usuario de aguas, ya sea de propiedad nacional o privada, que realice un aprovechamiento de forma legal y que reporte que obras emprendidas en otra propiedad para alumbrar y apropiar aguas que existen debajo de la superficie de su finca, pueden alterar la forma de aprovechamiento que practique, podrá ocurrir a la secretaria solicitando que sean suspendidas las obras y el aprovechamiento de acuerdo al Art 11 (LAPN),

	24º	"se considera de propiedad privada, los manantiales que broten en propiedad de los particulares y cuyas aguas no afluyan en su estado natural a ninguna corriente o depósito de propiedad nacional. Sus dueños podrán realizar libremente el aprovechamiento de dichas aguas"
Ley de Aguas de Propiedad Nacional: 2ª. Fase de explotación de Aguas Subterráneas		
Decreto por el que se autoriza cambios de uso de suelo en zonas de veda 1967	Art. 66	La Secretaría podrá autorizar cambios de uso de obras de alumbramiento en zonas de veda, cuando no impliquen aumento en las extracciones. Estas autorizaciones se concederán tomando en cuenta el interés público y sin perjuicio de los servicios públicos y usos domésticos.
	Creación de la Dirección de Aguas Subterráneas en la SRH	
	Creación de la Dirección General de Pequeña Irrigación y la Dirección de Operación de Comités Agrícolas Estatales de Pequeña Irrigación, mediante la cual el gobierno federal no sólo construyó obra sino además coordinaba la explotación y el registro de las unidades de producción, así como la organización de los agricultores y su vinculación con instituciones financieras 1970	
Ley Federal de Aguas 1972	Establece que los Distritos de Riego deben ser obligatoriamente administrados por el Estado	
Decretos y acuerdos para la creación de instituciones hacia la descentralización. Bases para el Neoliberalismo		
26 de marzo de 1976	Decreto por el que se crea la Comisión del Plan Nacional Hidráulico.	
Diciembre de 1976	Creación de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos.	
29 de octubre de 1980	Acuerdo por el que la Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas, con la intervención de las de Hacienda y Crédito Público, de Programación y Presupuesto y de Comercio, procederá a entregar a los gobiernos de los estados y a los Ayuntamientos todos los sistemas de agua potable y alcantarillado que administra y opera directamente o a través de los organismos creados para ese efecto	
31 de diciembre de 1981	Ley Federal de Derechos (inversión privada en la operación y construcción de infraestructura hidráulica, obligación de todos los usuarios al pago de derechos por uso de aguas nacionales, incluyendo derechos de descargas de aguas residuales para evitar la contaminación de ríos y mantos acuíferos.	
3 de febrero de 1983	Decreto por el que se reforma y adiciona el artículo 115 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. Se transfieren las responsabilidades de agua potable y alcantarillado a los municipios.	
Neoliberalismo Bases para la Legislación Vigente		
16 de enero de 1989	Decreto por el que se crea la Comisión Nacional del Agua como órgano administrativo desconcentrado de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos.	
Ley de Aguas Nacionales 1992	Deroga la Ley Federal de Aguas de 1972, ley reglamentaria del Art. 27 constitucional, que postuló como principios fundamentales la gestión integrada y sustentable del agua; estableció la planeación y programación hidráulica considerando una mayor participación de los usuarios del agua; consolidó a la CONAGUA como la autoridad federal del agua y se le estableció como función principal la de orientar, coordinar y regular el aprovechamiento del recurso hídrico bajo los principios de integralidad y de preservación en cantidad y calidad	
26 de marzo de 1999	Se constituye el Consejo de Cuenca del Río Balsas	
Legislación Vigente: modificación de la Ley de Aguas Nacionales, 2004		
En 2004, la Ley de Aguas Nacionales fue reformada para considerar el problema hídrico de prioridad a tema de seguridad nacional. El agua fue definida como un "bien de dominio público federal, vital, vulnerable y finito, con valor social, económico y ambiental, cuya preservación en cantidad, calidad y sustentabilidad es tarea fundamental del Estado y la Sociedad, así como prioridad y asunto de seguridad nacional."		
Ley de Aguas Nacionales 2004	1º	Es reglamentaria del artículo 27 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos en materia de aguas nacionales.
	4º	Corresponde al Ejecutivo Federal la autoridad y administración en materia de aguas nacionales y sus bienes públicos inherentes, quien las ejercerá directamente o a través de la Comisión Nacional del Agua.
	Art.7º Fracc. I, II y IV	La gestión integrada de las aguas nacionales es una prioridad y asunto de seguridad nacional. La protección, mejoramiento, conservación y restauración de Cuencas hidrológicas es de utilidad pública, así como el cambio en el uso del agua para destinarlo al uso doméstico y al público urbano

	7 BIS, fraccion es V, VI y VII	Se declaran de interés público; la atención prioritaria de la problemática hídrica en las cuencas y regiones hidrológicas con escasez del recurso; la solución de conflictos en materia del agua y su gestión, y el control de la extracción y de la explotación, uso o aprovechamiento de las aguas superficiales.
	Art. 9º. Fracc. II	Se establece que la Comisión Nacional del Agua (Conagua) es la responsable de integrar y formular el Programa Nacional Hídrico en los términos de la misma y de la Ley de Planeación, así como de actualizar y vigilar su cumplimiento, además de proponer criterios y lineamientos que permitan dar unidad y congruencia a las acciones del Gobierno de la República en materia de aguas nacionales.
	Art. 15º	La planificación hídrica debe ser de carácter obligatoria para la gestión integrada de los recursos hídricos , conservación de los recursos naturales, de los ecosistemas vitales y del medio ambiente, lo que convierte al proceso como el instrumento más importante de la gestión hídrica
	Art. 22º Párrafo II	Señala que, para el otorgamiento de concesiones o asignaciones, debe tomarse en consideración la disponibilidad media anual del recurso, que se revisará al menos cada tres años, para lo cual, el propio precepto dispone en su último párrafo, que la Comisión Nacional del Agua debe publicar la disponibilidad de las aguas nacionales superficiales por cuenca hidrológica, región hidrológica o localidad;
Modificación al decreto de veda en la región 18 del río Balsas Marzo de 2011	4º	Se declara de utilidad pública la protección, mejoramiento, conservación y restauración de las Cuencas hidrológicas que conforman la Región Hidrológica número 18 Balsas, por lo que se establece zona de veda para la explotación, uso o aprovechamiento de aguas superficiales
	5º	Quedan vigentes las reservas de aguas que se señalan en el presente Decreto, sólo se permitirá el otorgamiento de asignaciones y concesiones en los términos que en dichas reservas se prevén
	El cual suprime la veda establecida mediante el "ACUERDO del 2 de febrero de 1966.	
Otras leyes sectoriales y de la administración pública relacionadas		
Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA)	Establece las bases para la preservación, restauración y mejoramiento del ambiente, precisando las competencias que les corresponden a los tres órdenes de gobierno tanto en la explotación uso o aprovechamiento de los recursos naturales como en la prevención y control de la contaminación de agua, suelo y aire.	
Otras leyes federales y estatales e instrumentos de planeación de la administración pública		
- Leyes estatales del agua: regulan las aguas de jurisdicción estatal, que de acuerdo con la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos son aquellas que no son nacionales y se "localizaren en dos o más predios", por lo cual quedan sujetas "a las disposiciones que dicten los estados". Regulan la prestación de los servicios públicos de agua potable, drenaje, alcantarillado, tratamiento y disposición final de aguas residuales tratadas. - Normas mexicanas: promueven disposiciones especialmente relacionadas con la prevención y control de la contaminación de la atmósfera, agua y suelo. NOM-011-conagua-2000 Establece las especificaciones y el método para determinar la disponibilidad media anual de las aguas nacionales, misma que toma como base los volúmenes de extracción, recarga y escurrimiento; NOM-011-conagua-2015 Establece las especificaciones y el método para determinar la disponibilidad media anual de las aguas nacionales", publicada en el Diario Oficial de la Federación el 27 de marzo de 2015 y con información inscrita en el Registro Público de Derechos de Agua al 31 de diciembre de 2015, por lo que he tenido a bien expedir el siguiente - Programa forestal, establece las bases para promover el desarrollo forestal sustentable, y las atribuciones y funciones que en materia ambiental y forestal se convengan con la Federación. - Programas de Ordenamiento de los asentamientos humanos y el desarrollo urbano de los estados de la región. (Planes de Desarrollo Urbano y Territorial-Estatales y Municipales que plantean la ordenación racional de acciones que se requieren para promover el bienestar social y económico de la población.		

Fuente: Elaboración propia con información de Hernández (2002); El Colegio de México (2004); Conagua (2009); Congreso de la Unión (2011); Auditoría Superior de la Federación (2012);SEMARNAT(2015)

CAPÍTULO 4

Reflexiones Finales y Recomendaciones

Introducción

A manera de reflexiones finales, se presentan las limitantes y oportunidades en los elementos del sistema complejo estudiado, la Cuenca del Alto Atoyac, a partir del estado actual de los tres subsistemas analizados y sus interrelaciones como se presentan en los capítulos anteriores. El estado actual de la CAA, de manera general, es resultado de las transformaciones de los Sistemas Hídrico-Natural, el Urbano-Territorial y el de la Gestión hídrica y territorial imperante en los 70 municipios que conforman la Cuenca, en los estados de Puebla y Tlaxcala, donde las acciones son guiadas por los planes de desarrollo nacionales y estatales en el sector ambiental, económico y territorial. A través de la historia de la región, se ha priorizado el desarrollo urbano, agrícola e industrial, desde una visión economicista, sin considerar la dimensión social y ambiental del desarrollo sustentable.

En el primer apartado del capítulo, se integran las reflexiones sobre el sistema hídrico, el urbano territorial y el de gestión, los tres subsistemas que a lo largo de este trabajo se han definido y que impactan sobre el funcionamiento natural de la Cuenca y su grado de deterioro, donde los principales elementos son: los componentes naturales que sustentan el ciclo hidrológico, el modelo de ocupación del territorio, la demanda creciente y disponibilidad de agua en la cuenca y las formas de manejo del agua en la dotación de agua para los diversos usos y el manejo de aguas residuales en la CAA. La condición actual del sistema es conflictiva; ya que el ciclo hidrológico está en desequilibrio, debido a los altos niveles de contaminación de los principales cuerpos de agua⁵⁸, mayor demanda de agua para uso urbano e industrial, disminución de áreas de captación por expansión urbana, desarticulación y disociación de las instituciones y actores en la gestión hídrica. Esta condición de deterioro actual de la CAA y la falta de una visión de Cuenca, presentan una necesidad de cambio de rumbo, hacia un modelo de Gestión Integral de la misma, que tenga como objetivo el desarrollo regenerativo del territorio en cuestión.

⁵⁸ Generando conflictos socio ambientales en las poblaciones asentadas en la Cuenca a lo largo de los ríos Atoyac y Zahuapan, así como de las presas Atlangatepec y Valsequillo.

En la segunda sección de este capítulo, se presentan las recomendaciones para los diferentes niveles territoriales y de gestión; así mismo, se hace una propuesta de Modelo de Gestión Integrativo y Participativo para la regeneración de la CAA, en el cuál se proponen estrategias y líneas de acción que permitan el logro de objetivos planteados ante los procesos deteriorantes que se han identificados en esta tesis. Para la elaboración de este modelo, se parte de la identificación de las causas del deterioro de la Cuenca, identificadas en los capítulos anteriores y resumidas en la primera parte de este capítulo, con el fin de *tener una política de gestión que integre a los actores sociales para mejora la calidad del agua del sistema natural, un medio ambiente que provea la demanda de agua de la CAA y sustente el desarrollo del Territorio*. Finalmente se exponen ciertas líneas de investigación derivadas de este estudio, con el fin de tener una guía para indagaciones futuras que permitan un mejor acercamiento a las soluciones planteadas desde diversos saberes.

4.1 Reflexiones sobre el sistema hidrológico:

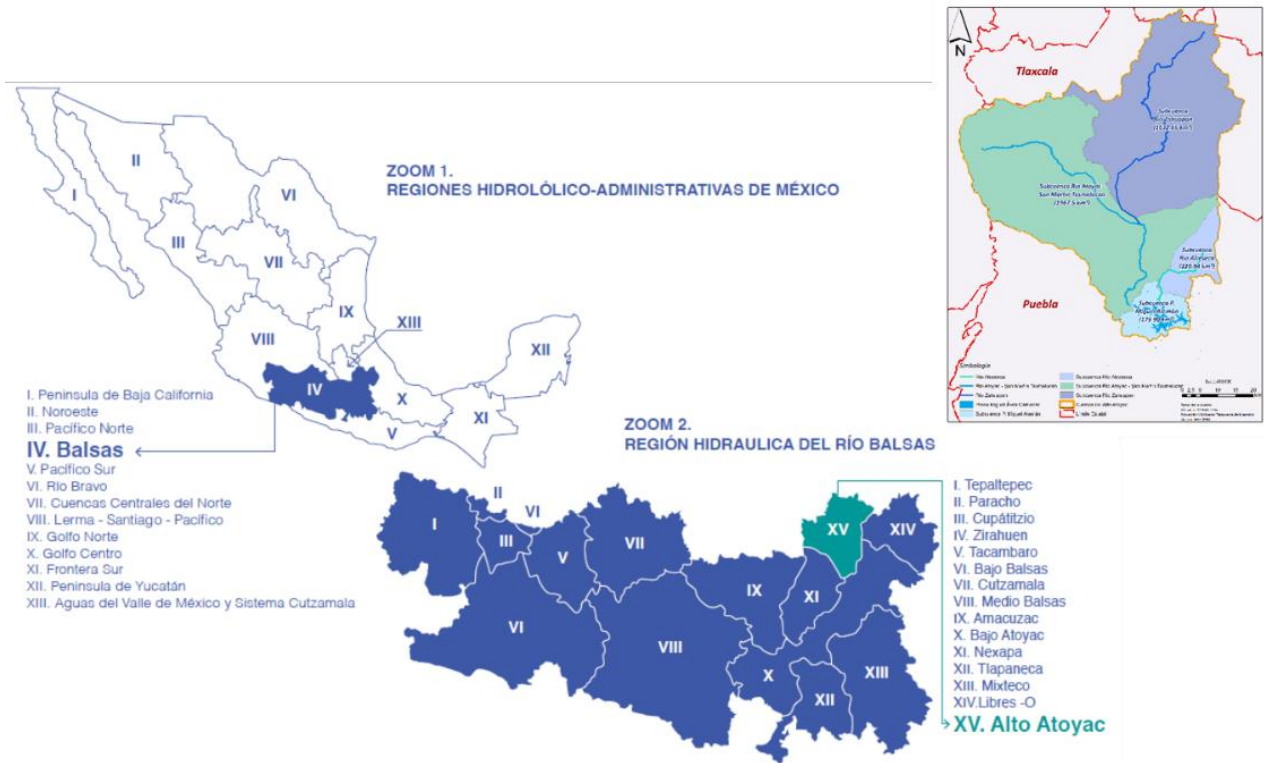
El sistema hidrológico es el conjunto de elementos de la naturaleza que interactúan como unidad y determinan la funcionalidad de la Cuenca estos son: *agua* (subterránea y superficial), *suelo* (topografía, geología, edafología) y el *clima* (precipitación, temperatura) (Galicia, 2009). Esta Cuenca se forma a partir de dos ríos: el Zahuapan, que nace en las elevaciones de la Sierra de Tlaxcala, cerca de la población de Tlaxco y el río Atoyac, cuyas aguas se forman con los deshielos de la Sierra Nevada. Ambos ríos confluyen, y toma el nombre de Atoyac, en el límite entre Tlaxcala y Puebla. Su altitud desciende unos 1 000m. entre el lugar de su nacimiento y la presa de Valsequillo al sur de la Ciudad de Puebla, donde se encuentra el límite inferior de la Cuenca. El río Atoyac, al salir de Valsequillo, desciende por la sierra de Oaxaca y la Sierra Madre del Sur, hasta llegar a su desembocadura en el Océano Pacífico, donde llega con el nombre de río Balsas.

La CAA, es un subsistema de la Región Hidrológico-Administrativa del Río Balsas (RHA 4) y de la Región Hidrológica número 18 del mismo nombre⁵⁹ (RH 18). La CAA se localiza en la parte norte de la RHA 4 identificada con el número 1801 (CONAGUA, 2012). Este gran sistema del que

⁵⁹ Es la Región hidrológica más importante en la vertiente del Pacífico, es la cuarta en aportación del PIB, y soporta al segundo sistema hidroeléctrico (CONAGUA, 2011).

forma parte la CAA se subdivide a la vez en cuatro subcuencas; Río Zahuapan, Río Atoyac, Río Alseseca y Valsequillo, éste se representa en la siguiente ilustración.

Ilustración 19. Región Hidrológica-Administrativa del Balsas: ubicación y subdivisión de la CAA



Fuente: Elaboración propia con base en el estudio previo para la regeneración de la Cuenca del Río Atoyac (SSAOT, 2011).

La CAA está integrada por 70 municipios que corresponden 22 al estado de Puebla y 48 al de Tlaxcala, ocupa una extensión de 4 011 km², donde cada estado ocupa aproximadamente la mitad. En la tabla 20, se presentan la distribución de áreas, municipios y localidades para los estados de Puebla y Tlaxcala que componen la CAA.

Tabla 20 Áreas estatales de la CAA

Estado	Puebla	Tlaxcala	Total
Municipios	22	48	70
Localidades	551	811	1 362
Superficie en Km ²	2 010	2 001	4 011

Fuente: SINAI, Conagua (2011)

El factor suelo

En cuanto al factor **suelo**, es considerado como uno de los recursos naturales más importantes para el desarrollo, los aspectos fisiográficos, geológicos, orográficos y topomórficos defnen en gran parte las actividades que se pueden desarrollar en un territorio. En la CAA el desarrollo de la actividad agrícola se practica a través de planicies aluviales escalonadas, en condiciones ambientales favorables. Los aspectos físicos del suelo se relacionan con el funcionamiento del sistema hidrológico de la cuenca, las elevaciones y depresiones del territorio definen en la parte baja una gran planicie, el Valle Poblano-Tlaxcalteca⁶⁰, al norte, la cuenca se encuentra circundada por el Bloque Tlaxcala, al noreste por el volcán La Malinche, al Oriente el Serrión de Amozoc, al Sur, la Sierra del Tentzo y al Poniente la Sierra Nevada (Conagua, 2014). La orografía ha determinado diferentes climas y por lo tanto ecosistemas diversos, las principales elevaciones también juegan un papel importante como barreras a la expansión urbana y proveedoras de bienes ambientales, permitiendo que las partes altas aún conserven una calidad ecológica importante, por lo que están catalogadas como áreas naturales protegidas (ANP); las cuales son los parques nacionales del Popocatepetl-Ixtazihuatl, y la Malinche. Estas áreas son esenciales para la regeneración de la CAA como zonas de recarga y captación de agua de lluvia.

Otro elemento que permite el análisis del sistema hidrológico con relación al suelo es el potencial de escurrimientos y la retención de la lluvia. Esto depende de muchos factores físicos del suelo, pero los principales son el edafológico y el geológico⁶¹. Para la zona de Puebla se tienen

⁶⁰ En el Valle Poblano-Tlaxcalteca, se ha desarrollado la mayor superficie urbana de la CAA, aunque aún comparte algunas extensiones de agricultura de riego y de temporal aprovechando los suelos fértiles vertidos por los ríos Atoyac y Zahuapan.

⁶¹ Los suelos se forman por la combinación de cinco factores interactivos: material parental, clima, topografía, organismos vivos y tiempo. El suelo es considerado como uno de los recursos naturales más importantes para el desarrollo, siendo uno de los elementos primordiales en la orientación de las actividades que se pueden desarrollar en

identificadas áreas de alta permeabilidad en las partes sureste y suroeste de la Cuenca y media permeabilidad en el poniente hacia el Popocatepetl e Iztaccíhuatl y baja en el sur (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales del Estado de Puebla, 2012). Para el caso de las zonas urbanas, la extensión de áreas pavimentadas disminuye la permeabilidad en el Valle Puebla-Tlaxcala, además el diseño urbano de áreas públicas no es sensible al agua⁶². Las áreas que se consideran de permeabilidad media eran a principios del siglo XX, las que se anegaban anualmente, pero que mientras no fueran severas, mantenían el equilibrio en la región y sustentaban pastos para la temporada de sequía. Sin duda no se puede regresar al pasado y cambiar las actividades económicas de la región, pero sí deben diseñarse soluciones para retener el agua, y evitar las escorrentías en las zonas de media y baja permeabilidad⁶³.

Otros aspectos que dan luz a la situación actual del sistema hidrológico de la CAA son los usos y cubiertas de suelo, donde se puede observar que actualmente los usos del suelo para actividades agro-silvícolas se reducen a la agricultura de temporal en la zona de San Martín, el Valle Poblano-Tlaxcalteca y otras pequeñas manchas al oeste del municipio de Puebla. En cuanto a la cobertura de bosques, sólo se mantienen las áreas de los volcanes Popocatepetl, Iztaccíhuatl y la Malinche, también al norte y sur de la Cuenca se observan algunas manchas de vegetación en el bloque de Tlaxcala y al sur alrededor de la laguna de Valsequillo.

El agua: Superficial y subterránea en la CAA

El agua es un elemento interrelacionado con aspectos climáticos, de la superficie del suelo y de los seres que la habitan. El tema hidrográfico de las corrientes *superficiales* se refleja en el drenaje

un territorio. El aspecto geológico, es el tipo de roca madre o material parental, por procesos geológicos de largo plazo, procesos erosivos de mediano plazo y biológicos de corto plazo. El suelo es esencial para la vida, es un elemento de enlace entre los factores bióticos y abióticos y se le considera un hábitat para el desarrollo de las plantas. Los suelos constan de cuatro grandes componentes: materia mineral, materia orgánica, agua y aire; la composición volumétrica aproximada es de 45%, 5%, 25% y 25%, respectivamente (SEMARNAT, 2011).

⁶² Es la cooperación interdisciplinaria de la gestión del agua, del diseño urbano y la arquitectura de paisaje, que considera todas las partes del ciclo urbano del agua, de forma que se asegure una gestión del agua sensible a los procesos hidrológicos y ecológicos' (Heike Langenbach, 2008).

⁶³ En países como Canadá y Australia, se manejan los jardines de lluvia, lo que implica permitir que la lluvia se infiltre, restaurando ecosistemas de humedales, también existe la política de permitir que el agua de lluvia que cae en pavimentos se colecte y se trate para ser reusada ya sea para infiltrarse o para uso recreativo o mantenimiento de jardines. Estas son acciones del Diseño Urbano Sensible al agua (DUSA).

superficial fluvial⁶⁴ que permite distinguir áreas con rasgos comunes. La densidad de corrientes perenes en la CAA, es la segunda en el estado de Puebla y primera para el estado de Tlaxcala. Se favorece por los escurrimientos de la Sierra Nevada especialmente de los volcanes, Iztaccíhuatl y Popocatepetl también por los escurrimientos de la Malinche y para Tlaxcala de la Sierra de Tlaxco. Los ríos Zahuapan y el Atoyac, son las corrientes principales que mantienen su caudal todo el año, otros cuerpos de agua superficial son el río Alseseca⁶⁵ y la presa de Valsequillo. (SMRN, 2014). Estos tres ríos, dan nombre a tres de las subcuencas que conforman la CAA, y la cuarta recibe el nombre por la Presa de Manuel Ávila Camacho mejor conocida como Valsequillo.

La *subcuenca Atoyac* se extiende principalmente sobre el estado de Puebla en torno del río Atoyac, éste es el colector principal de la zona, se forma por los escurrimientos que descienden por la vertiente norte del Volcán Iztaccíhuatl, desde una altitud de 4,000 msnm, en los límites de los Estados de México y Puebla. Entre las numerosas corrientes que descargan en su cauce durante sus primeros kilómetros, se pueden mencionar los ríos Tlahuapan, Turín, Otlati, Atotonilco y San Jerónimo (Conagua, 2014), después entra en Tlaxcala por el suroeste, en la población de San Martín Texmelucan, el cuál forma una franja que corre casi paralela, al límite político-administrativo con el Estado de Puebla, atraviesa gran parte de los municipios poblanos que conforman la Zona Metropolitana Puebla-Tlaxcala, cruza el municipio de Puebla de Norte a Sur y termina su recorrido en la Presa Manuel Ávila Camacho, Valsequillo.

Por otra parte, la *subcuenca Zahuapan*, donde corre el río del mismo nombre de norte a sur, se extiende en su totalidad sobre municipios del estado de Tlaxcala. El río Zahuapan por su parte, nace en la sierra de Tlaxco, cerca del Peñón del Rosario a 3 350 msnm, desde donde desciende en forma escalonada a través de planicies, riberas y barrancas, para recorrer el estado de Tlaxcala por

⁶⁴ Existen cuatro patrones de drenaje fluvial en la CAA.

- a) Drenaje de sierras volcánicas altas, donde se ubica la Malinche y una porción del Popocatepetl y el Iztaccíhuatl.
- b) Drenaje de sierras volcánicas bajas, esta unidad se ubica al sur del Popocatepetl y en la sierra de Tlaxco al norte de Cuenca en Tlaxcala.
- c) El drenaje de planicie fluvial, que tiene poca densidad de corrientes superficiales o muchas de ellas se cortan, debido a que cruzan terrenos aluviales de alta capacidad de infiltración o concurren a una zona lacustre.
- d) Drenaje de la zona de transición, que se caracteriza por pequeñas porciones entre diferentes niveles en el altiplano (SMRN, 2010:147).

⁶⁵El río **Alseseca**, se encuentra al sureste de la Cuenca que, junto con el Atoyac, llegan a la presa de Valsequillo. Este último cuerpo de agua superficial está localizado al sureste del municipio de Puebla.

su parte central. Su curso sigue una dirección norte-sur, y nutre su caudal con agua de arroyos y ríos, tanto permanentes como estacionales, hasta reunir sus aguas con las del río Atoyac al sur de Tlaxcala, ya en las inmediaciones de la ciudad de Puebla, la atraviesa y recibe las aguas residuales de las ciudades de Puebla y Cholula, para finalmente descargar en la Presa Manuel Ávila Camacho (o Valsequillo), donde se regulan y utilizan para irrigación en el Distrito de Riego No. 30 (Conagua, 2014b).

La *subcuenca Alseseca* se localiza al sureste de la cuenca en torno del río del mismo nombre, cuyos afluentes nacen en la zona de La Malinche. con dirección oriente a poniente, al norte de la ciudad de Puebla confluye con el río Atoyac, fluye hacia el sur hasta desembocar en la presa Valsequillo. Después de la presa, el río Atoyac continúa su recorrido hacia el estado de Guerrero donde se forma el río Balsas el cual desemboca en el Océano Pacífico .

En cuanto al *agua subterránea*, son dos los acuíferos que abastecen los usos en la Cuenca estos son: Alto Atoyac y Valle de Puebla. El **acuífero Alto Atoyac** con clave 2901, de acuerdo con el Sistema de Información Geográfica para el Manejo del Agua Subterránea de la Comisión Nacional del Agua (SIGMAS), se localiza en la porción central del Estado de Tlaxcala, cubriendo una superficie de 2 032 km². El área del acuífero cubre la mayor parte del Estado de Tlaxcala y se encuentra localizado dentro de la Región Hidrológica 18 Balsas, su principal corriente es el Río Zahuapan que tiene cuenca de 1494 km² de superficie, desde su origen hasta su confluencia con el Río Atoyac. El principal uso es público-urbano con un volumen estimado de 81.0 hm³, para el uso agrícola también importante se destina 62.7 hm³ de agua subterránea y 26.0hm³ de agua superficial procedente de la presa *San José Atlanga*, que se utiliza en el *Distrito de Riego 056 “Atoyac-Zahuapan”* que se localiza en la porción suroccidental del acuífero. Lo integran 45 de los 49 municipios del estado de Tlaxcala que conforman la CAA⁶⁶. (Conagua, 2015).

El **acuífero Valle de Puebla** definido con la clave 2104 en el Sistema de Información Geográfica para el Manejo del Agua Subterránea (SIGMAS) de la Comisión Nacional del Agua

⁶⁶ Geopolíticamente comprende total o parcialmente los siguientes municipios: Tlaxco, Atlangatepec, Tetla de La Solidaridad, Terrenate, Tocatlán, Xaloztoc, Muñoz de Domingo Arenas, San Lucas Tecopilco, Xaltocan, Hueyotlipan, Españita, Huamantla, Ixtacuixtla de Mariano Matamoros, Santa Ana Nopalucan, Santa Apolonia, Nativitas, Tetlatlahuca, San Jerónimo Zacualpan, San Damián Texoloc, Santa Catarina Ayometla, Santa Cruz Quilehtla, San Lorenzo Axocomanitla, Tepeyanco, San Juan Huactzingo, Santa Isabel Xiloxoxtla, Xicohtzinco, San Pablo del Monte, Tenancingo, Mazatecochco de José María M., Acuananala de Miguel Hidalgo, Teolocholco, San Francisco Tetlanohcan, La Magdalena Tlaltelulco, Tlaxcala, Panotla, Papalotla de Xicohténcatl, Totolac, Amaxac de Guerrero, Sta. Cruz Tlaxcala, Yauhquemecan, Apizaco, Coaxomulco, Tzompantepec, San José Teacalco, y Zacatelco.

(CONAGUA), se ubica en el extremo occidental del estado de Puebla, en los límites con el Estado de México y Tlaxcala, abarca una superficie aproximada de 2,025 km². El acuífero pertenece al Consejo de Cuencas del Río Balsas y en el territorio que cubre el acuífero se localiza una pequeña parte de Distrito de Riego 056 “Atoyac-Zahuapan”. Geopolíticamente el área del acuífero comprende en su totalidad o parcialmente a 26 municipios del estado de Puebla, pero sólo 22 coinciden con los que conforman la CAA.

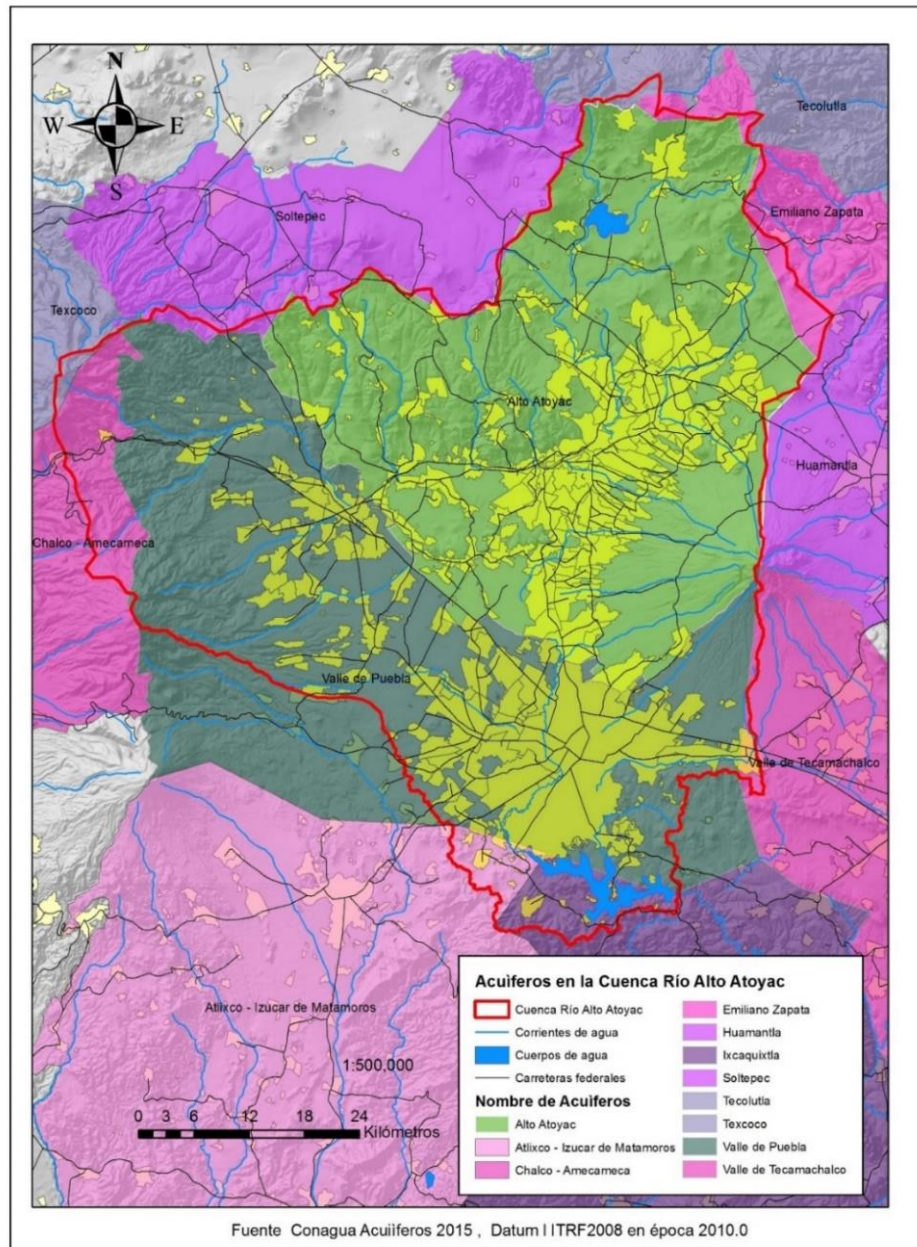
Los tres principales usos del agua extraída del acuífero son: el público-urbano con el 55.4%, el segundo es el agrícola con el 23.7% y el tercero es el industrial con 12.8%⁶⁷. (Conagua, 2014). El balance de agua subterránea indica que existe un volumen anual disponible de 44'647,274 m³ para otorgar nuevas concesiones. Sin embargo, debido a que el volumen reportado por REPDA⁶⁸ es inferior al volumen de extracción, la disponibilidad resultante debe servir para regularizar los aprovechamientos que no están registrados. Así mismo, los estudios realizados del 2002 al 2010, reportaron de manera general un abatimiento promedio del acuífero de 0.6 m anuales (Conagua, 2014b).

En la ilustración 20, se ubican los acuíferos *Alto Atoyac* y *Valle de Puebla* que conforman la CAA, el *Alto Atoyac* se localiza en la parte norte de la misma, limita al norte con los acuíferos Soltepec y Tecolutla; al sur con el de Valle de Puebla, y al este con los acuíferos Emiliano Zapata y Huamantla (Conagua, 2015). En cuanto al acuífero *Valle de Puebla*, se ubica en la parte sur de la Cuenca, éste limita al norte con el acuífero Alto Atoyac; al noroeste con Soltepec, ambos del Estado de Tlaxcala; al este con el acuífero Valle de Tecamachalco, al sur con los acuíferos Ixcaquixtla y Atlixco-Izúcar de Matamoros; todos ellos pertenecientes al Estado de Puebla; al oeste con el acuífero Chalco-Amecameca, perteneciente al Estado de México.

⁶⁷ El volumen estimado de extracción por bombeo asciende a 327.7 hm³/año, de los cuales 181.6 hm³/año (55.4 %) son para uso público-urbano, 77.5 hm³/año (23.7 %) para uso agrícola, 42.0 (12.8 %) para uso industrial, 21.7 hm³ (6.6 %) para uso doméstico, 2.5 hm³/año (0.8 %) para servicios y 2.4 (0.7 %) para uso pecuario. Adicionalmente, a través de los 2 manantiales se descarga un volumen de 19.0 hm³ anuales, destinados a los usos agrícola y pecuario, según el registro de REDPA del 30 de junio de 2014 (Conagua, 2014).

⁶⁸ El volumen anual de extracción, de acuerdo con los títulos de concesión inscritos en el Registro Público de Derechos del Agua (REPDA), de la Subdirección General de Administración del Agua, con fecha de corte al 30 de junio de 2014 es de 254'852,726 m³/año.

Ilustración 20 Delimitación de la CAA y sus acuíferos



Fuente; Elaboración propia con base en CONAGUA Acuíferos 2015

El factor clima en la CAA

El agua es un elemento estrechamente relacionado con el clima, como la precipitación, la temperatura, y la humedad. El clima que prevalece en la CAA, es el templado sub-húmedo con lluvias en verano, seguido por el semifrío subhúmedo en las partes altas, con un porcentaje muy

pequeño de clima frío que se encuentra en las partes más elevadas de los volcanes. La precipitación en la CAA de manera general oscila entre los 600 y 900 mm y se distribuye de la siguiente manera: en la parte norte ocupada por el Estado de Tlaxcala la precipitación es la menor de la región, intermedia en las zonas boscosas de la Malinche, el Popocatepetl y el Iztaccíhuatl, y mayor en la parte sur de la Cuenca donde se localiza la presa de Valsequillo (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales del Estado de Puebla, 2012).

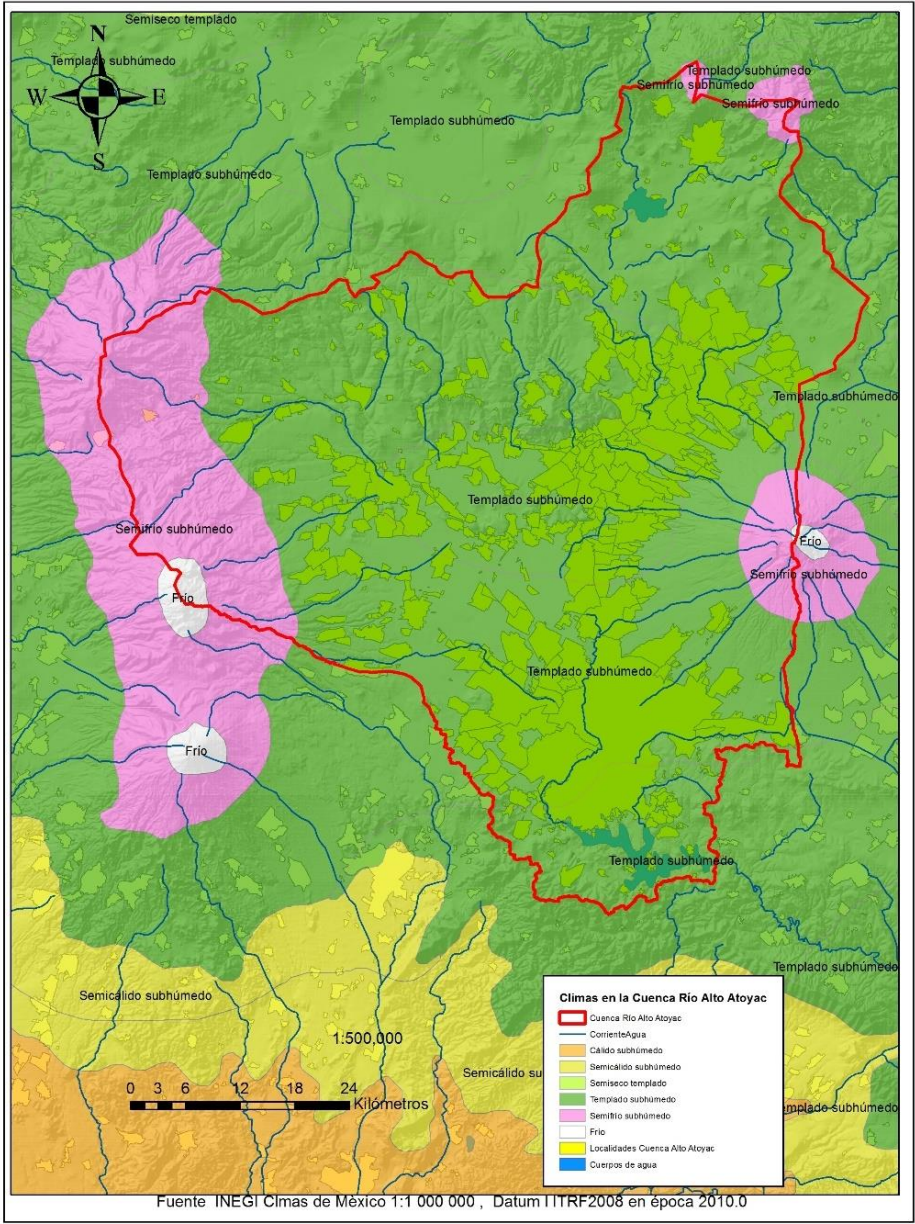
Para la determinación de las variables climatológicas en cada acuífero se cuenta con información de las estaciones climatológicas, donde se reportan las siguientes condiciones:

Para el *acuífero Alto Atoyac* se determinaron valores promedio anuales de precipitación y temperatura de 878.3 mm y 16.2 °C respectivamente. Se reporta un valor de evaporación potencial promedio de 1150 mm anuales. El clima que prevalece en la superficie de este acuífero es el templado subhúmedo con lluvias en verano (94%) y en la superficie restante del acuífero, el clima es frío con lluvias invernales que se presenta en La Malinche y en el municipio Emiliano Zapata (Conagua, 2015b).

En el *acuífero Valle de Puebla* el clima que predomina es templado subhúmedo con invierno frío y régimen de lluvias en verano que representan menos del 5% del total anual, temperatura media anual entre 12 y 18 °C. En las estribaciones de las sierras de mayor altitud se presenta el clima semifrío subhúmedo, con lluvias en verano, temperatura media anual entre 5 y 12 °C, porcentaje de lluvias invernales menor de 5%. En la parte más alta del Volcán La Malinche el clima es frío, con temperatura media anual entre -2 y 5 °C e invierno muy marcado. Se reportan valores de precipitación y temperatura media anual de 860 mm y 12.9°C, respectivamente. La evaporación potencial media es de 1845 mm anuales (Conagua, 2014a)

Si se consideran las condiciones del clima en la Cuenca se puede concluir que los niveles de precipitación son de media a alta, por lo que existe la oportunidad de mejorar el balance a través de captación de agua de lluvia tanto en zonas urbanas como en las zonas altas para recarga de los acuíferos, disminución de inundaciones y para uso urbano. A su vez, en las zonas urbanas donde la evaporación es más alta se requieren proyectos urbanos sensibles al agua para mejorar microclimas y mejor control de escurrimientos y por lo tanto de inundaciones. La distribución de los climas en la CAA, se puede observar en la *ilustración 21*.

Ilustración 21. Mapa y tabla de la distribución de los climas en la CAA.



Clima	% de ocupación
Templado sub-húmedo con lluvias en verano	78.3%
Semifrío sub-húmedo	21.4%
Frío	0.3%

Fuente: Elaboración propia con base en INEGI Climas de México, 2008

4.2 Reflexiones sobre el sistema urbano-territorial

De acuerdo con el análisis realizado en el capítulo 2, las interrelaciones entre los elementos del sistema urbano territorial y el sistema hídrico dependen de los cambios en los usos del agua por los diferentes procesos productivos propios de la dinámica económica en la CAA, de la expansión urbana, su efecto en el cambio de uso de suelo y del crecimiento poblacional en los principales centros urbanos de las dos zonas metropolitanas que se ubican dentro de la cuenca y que se concentra a lo largo del Río Atoyac y del Zahuapan⁶⁹.

Por otro lado, los habitantes de los centros urbanos son los principales consumidores de agua en la CAA, seguidos por el sector agrícola y el industrial, así mismo no se ha demostrado un manejo eficiente del agua por el grado de contaminación en el que se encuentran los principales cuerpos de agua a los que se desalojan las aguas servidas. El desarrollo en la cuenca ha favorecido el desequilibrio ambiental al favorecer el ámbito económico sobre los socioambientales, dejando un medio ambiente en deterioro sin una visión clara para poder generar un desarrollo sustentable, vital para la supervivencia del ser humano. Sin duda, en las diversas reuniones internacionales relativas al Desarrollo Sustentable que se citaron en el capítulo 1, no se concibe hoy en día que haya crecimiento económico, sin el correspondiente progreso social y la conservación del medio ambiente. Sin embargo, una visión de Cuenca desde el enfoque planteado en el capítulo 1 permitirá determinar las condiciones para que toda la Cuenca, sea un lugar, donde cada punto de este espacio geográfico tenga el mismo potencial de desarrollo económico, de bienestar social y de conservación ambiental.

El sistema metropolitano y la expansión de los centros urbanos en la CAA

Dentro de la CAA se localizan dos Zonas Metropolitanas (ZMPT y ZMTA), de los 70 municipios que la conforman; 38 están dentro de la ZMPT y 19 dentro de la ZMTA, lo que deja sólo a 13 municipios fuera de estas demarcaciones. La tendencia en las zonas metropolitanas es hacia la expansión urbana (CONAPO, 2012). En un estudio territorial realizado por la OCDE en el año 2013

⁶⁹ Mas de la mitad de la población se concentra en las ciudades grandes y las pequeñas conurbadas entre la Ciudad de Puebla y Tlaxcala.

para, el Área Metropolitana Puebla-Tlaxcala es un fenómeno más destacado que en otras, algunos de los indicadores de la expansión en Puebla-Tlaxcala son los siguientes.

- I) La más baja densidad de población general con respecto a las diez más grandes áreas metropolitanas mexicanas.
- II) Un espacio urbano en rápida expansión.
- III) Un mayor ritmo de crecimiento en la periferia metropolitana que en el centro urbano.
- IV) Disminución de la población y altos índices de espacios vacíos en el centro del área Metropolitana.

El Área Metropolitana de Puebla-Tlaxcala, es la menos densa (3.6 h/km^2), entre las 10 Áreas Metropolitanas más pobladas del país (OCDE, 2013). Este dato implica que el sector inmobiliario crece hacia la periferia, lo cuál permite el cambio de uso de suelo de área agrícola a urbana y de bosque a pastizal. En los mapas de crecimientos poblacionales (*Ilustración 12*) se observa la tendencia de la urbanización, donde a la par de un alto nivel de concentración también se da la dispersión, esto implica una gran cantidad de vacíos dentro de las Zonas metropolitanas. Esta situación en una Cuenca con poca disponibilidad de agua, con niveles altos de contaminación de los afluentes y sobreexplotación de los acuíferos, facilita el deterioro del ecosistema y un alto desafío para la regeneración de la cuenca, aunque existan políticas de medio ambiente y territoriales para protección y reforestación de las ANP, pero no existen pautas para la regeneración de áreas urbanas y equilibrio del ciclo ecológico, para lo cual será necesario el diseño de políticas territoriales y ambientales para cada zona de la CAA .

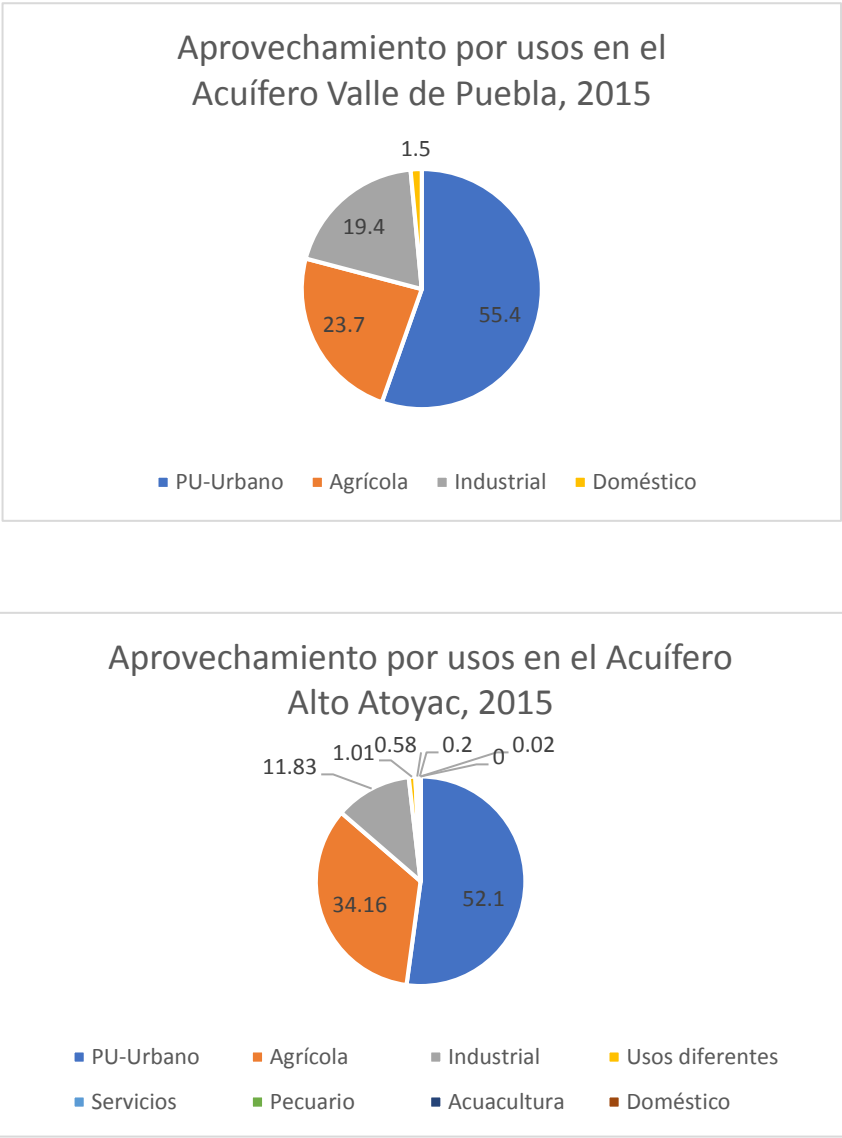
Los Usos Consuntivos en la CAA 2002-2017

Actualmente, el agua superficial no logra cubrir la demanda de los usos en la CAA. El sistema de extracción subterránea se convierte como principal fuente de abastecimiento (García, 2009). Los acuíferos Valle de Puebla y Alto Atoyac constituyen las principales fuentes de agua para las Zonas Metropolitanas de la ciudad de Puebla y de Tlaxcala., así como para la agricultura de las tierras del Valle de Puebla y el distrito de riego 56 (Atoyac-Zahuapan) con una superficie de 4311.25ha y 7054 usuarios.

La CAA, abastece al 45% de la población del estado de Puebla comprendida en 22 municipios, alrededor del 75% de la población del estado de Tlaxcala de 48 municipios y el 80% de la industria

(Rappo, 2012). Y los usos se distribuyen de la siguiente manera: Agrícola 29%, Industrial 15%, el Público-Urbano 55% y Otros, 1%. En la siguiente ilustración se presentan los diferentes aprovechamientos por acuífero, donde coincide que para uso público urbano se destina más de la mitad de los acuíferos en segundo lugar esta el uso agrícola y en tercero para la industria.

Ilustración 22. Usos del recurso hídrico para los acuíferos: Valle de Puebla, 2015 y Alto Atoyac, 2015



Fuente: elaboración propia con base en información de REPDA, 2017 y SEGOB, 2016.

En cuanto al uso del agua en diferentes momentos que se ha reportado el orden de prioridad ha sido prácticamente el mismo, disminuyendo el porcentaje para uso agrícola y aumentando tanto para uso urbano como para la industria, esto coincide con el proceso de metropolización que se da dentro de la CAA, donde el área urbana ha crecido cerca de 8 veces más que la población en un período de 30 años de 1980 a 2010 (OECD, 2013).

Contaminación del Río Atoyac

Los cambios en los modos de vida culturales y socioeconómicos, el crecimiento demográfico, el de la mancha urbana, el desarrollo industrial y la ausencia de políticas para la protección ambiental generaron un desequilibrio en el desarrollo y hacia el medio ambiente de la CAA. En las últimas décadas del siglo XX; dando como resultado una serie de problemas ambientales que preocupan a las instituciones gubernamentales y civiles. En las últimas dos décadas, se han invertido recursos económicos para mejorar el saneamiento y calidad del agua (Casiano, 2019). A pesar de ello, los niveles de contaminación en el río Atoyac han aumentado, llegando a ser el tercero más contaminado del país (CONAGUA, 2012)

Una serie de estudios se han realizado a partir de la clasificación del Río Atoyac hecha por la CONAGUA en 2011, donde se subdivide al río Atoyac en 6 tramos donde sólo uno se localiza en Tlaxcala, de éstos tres tienen un nivel de contaminación por arriba de las normas y se encuentran en Puebla. Por otra parte, la CEASPUE (2017), reporta que la Cuenca del Alto Atoyac recibe 149.1 toneladas por día de carga contaminante que desemboca en la presa de Valsequillo, de las cuales el río Alseseca contribuye con 14 toneladas de carga doméstica contaminante y el río Atoyac aporta 69.8 toneladas de carga doméstica contaminante y 65.3 toneladas de carga industrial contaminante. La contaminación impacta a dos millones 533 mil 75 habitantes ubicados en 493 localidades a lo largo de la Cuenca del Alto Atoyac. Tanto los datos reportados en la clasificación del río Atoyac de 2011 como el de CEASPUE en 2017, el río Atoyac es el principal cuerpo de agua superficial que recibe las descargas de contaminación doméstica e industrial mas significativas en la cuenca.

La Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA), como resultado de atender a la problemática ambiental del Río Atoyac, a partir de 2015 ha realizado inspecciones recurrentes en las empresas e industrias establecidas a lo largo de este importante afluente que cruza por los estados de Puebla y Tlaxcala. Derivado de las visitas, se impusieron 30 clausuras, de ellas 23 fueron

parciales y 7 totales, además de imponer multas por más de 7 millones de pesos y notifica 60 recomendaciones a 38 municipios de Tlaxcala y 22 de Puebla. A los municipios se les notificó que debían tomar las medidas necesarias en materia de descarga de aguas residuales para asegurar el cumplimiento de la Normas ambientales (COFEPRIS, PROFEPA, CONAGUA 2015). Las clausuras de las empresas se debieron al incumplimiento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, peligrosos⁷⁰.

4.3 Reflexiones sobre el sistema de gestión hídrica en la CAA (2000-2018)

En este apartado se reflexiona sobre las políticas para el manejo del agua a nivel federal, estatal y municipal que se presentaron en el capítulo 3 y en lo local se identifican acciones de las organizaciones de la sociedad civil que promueven la participación social en la solución de los conflictos socio-ambientales que existen en la Cuenca.

Evaluaciones internacionales sobre gobernanza en diferentes países caracterizan el caso de México de la siguiente manera: *La gestión hídrica en México cuenta con un buen marco jurídico, instituciones a nivel federal y estatal que han generado instrumentos de gestión enfocados al mercado del agua. Sin embargo, la implementación de políticas, no se ha dado, los consejos de Cuenca no operan totalmente y el marco regulatorio para el agua potable y el saneamiento está fragmentado* (OECD, 2013: 32); además en los diagnósticos nacionales realizados para la elaboración de la Agenda del Agua 2030, se identifica el problema de la falta de continuidad de una administración a la siguiente obstaculiza las políticas de largo plazo y la planeación.

El marco institucional de la CAA

A nivel federal, la Comisión Nacional del Agua⁷¹ (CONAGUA), actúa en la CAA a través de las delegaciones estatales y el organismo del agua para la Cuenca del Balsas, (Región Hidrológica-18). En el nivel estatal, las autoridades responsables en cada estado que conforma la cuenca son:

⁷⁰ Algunas empresas no exhibieron la auto-categorización como generador de residuos peligrosos ante la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT); ni contaron con bitácora de registro de residuos peligrosos, además de almacenar residuos peligrosos sin contar con las adecuadas medidas de seguridad y; además de no comprobar el destino final de los residuos peligrosos en un sitio autorizado. (Sol de Puebla, 2015).

⁷¹ CONAGUA es la Institución con atribuciones administrativas, normativas, técnicas y consultivas que maneja el agua en México. Es una agencia descentralizada de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT)

Para el caso de Puebla

- CEAS (Comisión Estatal de Agua y Saneamiento) para Puebla, creada en 1992 por la Ley Estatal del Agua. En 2012, en la nueva Ley Estatal de Agua, se le dio mayor poder para regular el agua estatal. La Secretaría de Infraestructura, MIRA (Módulo de Información sobre el Río Atoyac y la Secretaría de Finanzas.

Para el caso de Tlaxcala

- CEAT (Comisión Estatal del Agua Tlaxcala). Esta fue creada en 2009 con fines normativos, administrativos y consultivos para temas del agua en el estado. Coordinación General de Ecología, SECODUVIT (Secretaría de Obras Publicas Desarrollo Urbano y Vivienda) y CSITARET (Centro de Servicios Integrales para el Tratamiento de Agua del Estado de Tlaxcala)

En el nivel municipal: Sistemas Operadores de Agua Potable y Saneamiento:

Para el caso de Puebla el Sistema Operador (SOP) mas importante en la Cuenca, fue hasta 2014, el SOAPAP (Sistema Operador de Agua Potable y Alcantarillado de Puebla) que abasteció los servicios de agua a varios municipios del área metropolitana de Puebla, alrededor de dos millones de habitantes. En el año 2014 SOAPAP concesionó a la empresa Aguas de Puebla, la prestación del servicio público de agua potable, drenaje, alcantarillado, saneamiento y deposición de aguas residuales, en el municipio de Puebla y los municipios conurbados de Cuatlancingo, San Andrés Cholula, San Pedro Cholula y Amozoc. Otros sistemas operadores en la CAA son; SOSAPACH en Cholula, SOSAPAHUE en Huejotzingo, y SOSAPATEX en San Martín Texmelucan.

- En Tlaxcala, existen comisiones municipales de agua potable y alcantarillado (CAEM) para los municipios de Tlaxcala, Chiautempan, Apizaco, Tlaxco y Huamantla.

En el nivel municipal y estatal también están involucrados algunos organismos no gubernamentales, activistas del agua y consejos de la industria en ambos estados y en las principales ciudades de la Cuenca. En la Tabla 21 se esquematizan a los actores tanto gubernamentales como de la sociedad civil o la industria involucrados en el manejo del agua de la CAA.

Tabla 21. Actores de la CAA

	Federal		Estatad		Municipal	
Instituciones Gubernamentales	CONAGUA		Gobierno de Tlaxcala	Gobierno de Puebla	Sistemas operadores de: Puebla, San Pedro y San Andrés Cholula, Huejotzingo, San Martín Texmelucan y Cuautlancingo	Sistemas operadores de Tlaxcala CAEM, Tlaxcala, Chiautempan, Apizaco, Huamantla, Tlaxco
	Consejo de la Cuenca		CEAT	CEAS		
	Delegación en Tlaxcala	Delegación en Puebla	SECODUVI	Secretaría de Infraestructura/ Finanzas		
	PROFEPA COFEPRIS		CSITARET	MIRA		
Organizaciones Civiles	Agua para todos		Puebla		Tlaxcala	
			Asamblea Social del Agua Dale la cara al Atoyac Consejo empresarial ICCH-BUAP		Centro Fray Julián de Garcés Derechos Humanos y Desarrollo Local A.C. El Colegio de Tlaxcala Industria Textil Pro Natura	

Elaboración propia con base a las evaluaciones de gobernanza en la CAA (Casiano, 2019).

Política hídrica en la CAA

Uno de los principales problemas detectados a nivel de la CAA, es la falta de saneamiento necesario para disminuir los niveles de contaminación de los cuerpos de agua principales que son: el río Zahuapan, el río Atoyac, el río Alseseca y la presa de Valsequillo, donde vierten los tres ríos. El río Atoyac, sin embargo, es el tercero más contaminado del país (CONAGUA, 2012) y por su dinámica el más contaminado en la Cuenca, ya que recoge el agua del Zahuapan, recorriendo los parques industriales de Tlaxcala-Apizaco y Puebla-Tlaxcala.

Aunque se invirtió en la construcción y rehabilitación de Plantas de Tratamiento de Agua durante 10 años (2006-2016) en la cuenca, las entrevista que realizó Casiano, 2015 para medir la gobernanza en la implementación de los programas de saneamiento para Puebla y Tlaxcala no se perciben cambios en la calidad del agua a pesar de las grandes sumas de dinero que se han invertido. (Casiano Flores et all, 2019)

Algunas de las políticas de CONAGUA, para abatir los niveles de contaminación han sido las siguientes:

- 2006-2012: Construcción de Plantas de tratamiento de agua residual (PTAR's).
- 2012-2018: Mejorar las existentes (Para 2012, 6 de 24 PTAR funcionan).
- Abril 2013, CONAGUA lanza el proyecto de Manejo Integral para la Subcuenca del Alto Atoyac que cubre 17 municipios.
- 2013 se reporta 10% del proyecto de saneamiento para el río Atoyac.
- 2015 encarga a la UNAM, estudio para recuperar la CAA.

Como se observa la gestión se ha centrando en la construcción de infraestructura o en el mejoramiento de esta. Los estudios realizados para conocer el nivel de contaminación no se han implementado. (Casiano Flores, 2016)

Desde el año 2000, según reporta Casiano (2016) en los tres niveles de gobierno se han hecho estudios, inversiones en infraestructura, cambios en la legislación, movilizaciones sociales y políticas para mejorar la calidad del agua y el saneamiento en la CAA. Sin embargo, los reportes de diferentes instituciones tanto gubernamentales como sociales, no perciben mejora alguna del nivel de contaminantes en el río Atoyac, las quejas persisten por parte de la sociedad, que ha llegado a instancias internacionales, tales como el Tribunal Latinoamericano del Agua (TLA). El TLA, tras conocer de la denuncia de las graves afectaciones a la población de Tlaxcala y Puebla, recomendó reconocer la responsabilidad de todas las industrias asentadas en el parque industrial “Quetzalcóatl” en la Cuenca del río Atoyac, que descargan sus aguas servidas del proceso industrial, por la contaminación del río.

Reconocer que existe omisión y negligencia de las instituciones gubernamentales locales, estatales y federales al no efectuar los controles debidos a las descargas de estas industrias, violando así la legislación mexicana.

Exigir al grupo de empresas industriales que están contaminando las aguas de los ríos Zahuapan-Atoyac, que se comprometan, junto con la autoridad ambiental y las organizaciones civiles, en el diseño y puesta en marcha de un plan de rehabilitación de la Cuenca.

Exhorta a todas las autoridades locales, estatales y federales a tratar al caso de la contaminación de la Cuenca del Alto Balsas, con la importancia y seriedad de un grave desastre ambiental y social.

Dentro de las acciones de las autoridades federales por controlar los niveles de saneamiento la PROFEPA en febrero de 2014 clausura 7 empresas, de 14 inspeccionadas, y hace recomendaciones a otras 4. Así mismo, hace sugerencias a 38 municipios de Tlaxcala y a 22 de Puebla para que cumplan con sus obligaciones en materia de descarga de aguas residuales.

Por su parte, la COFEPRIS (2014), estableció los puntos críticos de revisión sanitaria, para prevenir riesgos a la salud de los habitantes. Para ello realizó 7 visitas de verificación a empresas en los estados de Puebla y Tlaxcala en materia de residuos peligrosos, de las cuáles en 2 se aplicó como medida de seguridad, la suspensión de trabajos.

En las últimas décadas han existido acciones concretas en políticas, instrumentos e inversión para el saneamiento en México y específicamente a través de las delegaciones de CONAGUA de Puebla y Tlaxcala en la CAA. Sin embargo, los niveles de contaminación siguen sin cumplir las normas y las metas no se han cumplido. Por lo tanto, se hizo un estudio reciente para evaluar el contexto en el que se han implementado estas políticas en ambas entidades y se llegaron a las siguientes conclusiones para cada una de las Subcuencas (Casiano, 2019).

Organizaciones sociales

Dentro de la acción social la asociación civil Dale la Cara al Atoyac, promueve la regeneración de la Subcuenca del Atoyac a través de acciones colectivas de información, concientización, vigilancia y monitoreo de las acciones de gobierno y empresariales. Del mismo modo, promueve la corresponsabilidad y colaboración de las instituciones federales, estatales y municipales responsables de la Cuenca. También a partir de foros y talleres se busca concientizar a la población de la necesidad de cuidar el medio ambiente, de sanear el río Atoyac. (<http://www.dalelacara.org/>).

Las aportaciones de esta asociación se han venido dando desde 2010, cuando un grupo de jóvenes llamados atoyaqueros, recorren el río contaminado, pero bajo el mensaje de que hay que darle la cara y salvarlo, su movilización se ha centrado mayormente en la juventud ambientalista de la ciudad de Puebla. Su principal aportación es el de exigir públicamente a los encargados de la calidad del agua del río Atoyac y el saneamiento de este. Sin embargo, aunque se considera que las acciones se deben replicar en la Cuenca, su acción por ahora se ha centrado en el municipio de Puebla.

Otro organismo social que se ha conformado en la CAA, es la *Asamblea Social del Agua* (ASA), que inicia su lucha en septiembre de 2013 contra la privatización ante el Congreso local con el fin de oponerse a la reforma de la ley que permitiría la privatización. Como un grupo de activistas sociales, ya estaban conformados para la lucha en apoyo al grupo de pueblos indígenas en defensa por el agua, que se vería afectada por los proyectos de mineras, hidroeléctricas y gasoductos en la Sierra Norte de Puebla. Por su propósito social, se dirige especialmente a las poblaciones vulnerables y marginadas, por ello se ha centrado en luchar por el derecho universal del agua, esto implica que sea equitativo y asequible. Sus principales aportaciones en un inicio (2013), se enfocan en la argumentación jurídica contra el procedimiento de privatización que se esperaba implementar en 25 municipios del estado de Puebla.

Sus principales fortalezas se dan en la capacidad de asociación con otras organizaciones por la defensa de la naturaleza, el agua y los derechos humanos del país. De aquí que hayan sido asesorados por grupos ya consolidados en Chiapas, Torreón, Guadalajara y Ciudad de México entre otros. Dentro de estos aprendizajes comenta la Mtra. Ma. Eugenia Ochoa (mayo, 2016), se recomienda el diseño de tres estrategias: una jurídica, otra organizativa y política por ello se organizan como asamblea, se asesoran por grupos de abogados que han luchado por los derechos humanos y asesores políticos que favorecen la cercanía con los actores gubernamentales para intentar concientizarlos a favor de reformas no privatizadoras.

Otra de las aportaciones por las metodologías sociales que utilizan en las asambleas a partir de educación popular, es la de formar habitantes participativos, informados y organizados con el fin de defender en este caso su derecho al agua, constitucionalmente explícito en el artículo 4°. Dentro de los primeros conflictos que se identifican debido a la privatización, que se presenta especialmente en la zona urbana de la ciudad de Puebla, es la estratificación de las nuevas tarifas para ciertas colonias que alcanzan aumentos de más del 200%⁷². Debido a esto la asamblea brinda servicios de asesoramiento legal de manera individual o colectiva (si es a toda una colonia) si existen anomalías en el cobro del agua. Por ello también se considera la creación de comités vecinales para identificar cualquier anomalía en la dotación del servicio de agua potable y cualquier atropello al derecho del agua que tenemos como mexicanos.

⁷² Sin embargo, la nueva tabulación no se logró conseguir por la ley de transparencia y sólo se identificaron los aumentos por quejas explícitas ante SOAPAP o en la misma Asamblea.

La *Asamblea* en esta lucha, se adhiere al movimiento *Agua para todos* que promueve la iniciativa de ley ciudadana para el agua a nivel nacional⁷³. Teniendo la participación de grupos de todo el país se retoman las experiencias exitosas y la experiencia de otros movimientos ante la privatización en diferentes municipios. Por lo tanto, se realiza un primer foro en Puebla, promovida por Asamblea Social del Agua (ASA) y *Agua para todos, agua para la vida*. Donde los asistentes principales son la asociación contra la privatización en Saltillo, la UAM, la Universidad de Guadalajara, entre otros. La vinculación con otras organizaciones sociales que participan en *Agua para todos*, han sido muy importantes para la Asamblea, algunas de las experiencias de las que se han aprendido son sobre la remunicipalización en Ramos Arizpe, San Luis Potosí, sobre la lucha en Saltillo por limitar las acciones autoritarias de la empresa privada que suministra el agua de esta ciudad, monitoreando acciones que perjudican comunidades, usuarios y tierras en esta región. Así mismo, los organismos de Chiapas en defensa de la tierra y en la sierra de Puebla contra los proyectos de muerte.

Lo que hace hincapié la Mtra. María Eugenia Ochoa, es que ASA, ha ido avanzando en su lucha debido a que han retomado las experiencias de los grupos exitosos y sus prácticas hacia una sociedad que retome la gestión del agua, observando que a partir de la participación ciudadana ésta ha mejorado. Así intenta la remunicipalización del servicio de agua en Puebla, a través de la Comisión de servicios públicos. Sin embargo, no se logran juntar los votos necesarios, aunque hubo un avance y se espera intentarlo nuevamente en 3 años.

Finalmente, se sigue apoyando a los usuarios de agua potable en la solución de sus conflictos, se retoman estructuras organizativas de seguridad (vecino vigilante) en las colonias para conformar comités de agua. La experiencia de esta organización nos deja las siguientes lecciones: Deben existir estrategias de organización, políticas y técnicas para la gestión del agua. Es necesario considerar experiencias y asesorías de grupos exitosos no sólo de esta Cuenca. Por lo tanto, se requiere tener mucha paciencia para la construcción de redes de participación y estar abierto a llegar a acuerdo con diversos actores del territorio según lo mencionó Ochoa en la entrevista del 2016.

Así mismo, las acciones de colaboración multinivel dependen de las relaciones por afiliación partidista o personales. No hay un enfoque de solución de problemas del agua, sino de mostrar acciones en las instituciones, principalmente en el nivel federal y estatal.

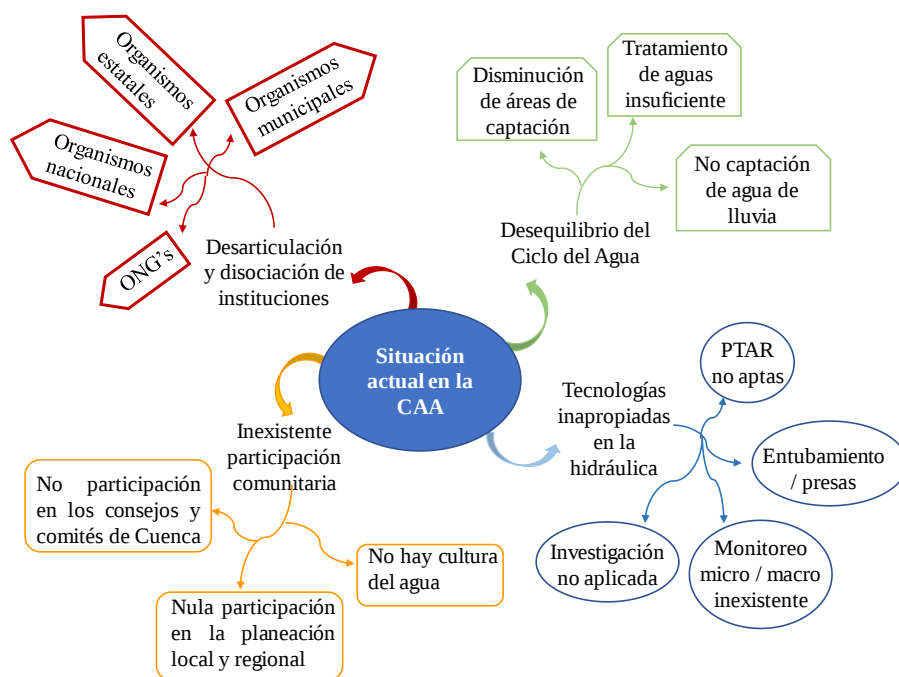
⁷³ Movimiento coordinado por la Universidad Autónoma del Estado de México.

Por otro lado, las acciones realizadas por el gobierno de Puebla para generar mejor mantenimiento y monitoreo, como lo es el de privatizar el principal organismo operador, no es avalada por la sociedad, ya que existen experiencias no exitosas en otros estados bajo este régimen, y los Organismos operadores exitosos en México, son manejados por gobiernos estatales (IMCO, 2014). Así mismo, a nivel internacional se ha probado que la privatización de los organismos operadores de agua están orientados a intereses privados y no sociales, por lo que existe la tendencia de remunicipalización en los países desarrollados como Francia, Inglaterra, entre otros (Barkin, 2015).

Así, la toma de decisiones ha creado inconformidad con grupos de la sociedad civil; agua para la vida es un ejemplo de estas que opera a nivel nacional, pero integra organizaciones locales en todo el país. En el caso de la CAA están asociada ASA, dale la cara al Atoyac, el ICCHS de la BUAP, entre otras.

En la siguiente ilustración se esquematiza la Situación Actual de la Gestión en la CAA, con respecto a las instituciones, los actores, las acciones y el desequilibrio del ciclo hidrológico.

Ilustración 23 La Gestión del Agua en la CAA



Fuente: elaboración propia, 2018.

El análisis de la CAA, a través de los procesos naturales, del urbano territorial y del de gestión permite identificar áreas prioritarias de atención que han sido detectadas tanto por el conocimiento científico como por el local. En el siguiente esquema se presentan los elementos del problema de gestión en la CAA que han generado la situación actual.

Con el fin de explicar el esquema anterior, se parte de enunciar que Gestión del Agua en la Cuenca no es integral, cada institución cumple objetivos diversos de manera independiente bajo tiempos distintos, por lo tanto, existe la desarticulación y disociación de instituciones en el manejo del agua en la Cuenca.. El proceso consensuado en una Gestión Integral de Recursos Hídricos no se puede dar desde diversas problemáticas y visiones; no se parte como Rolando García (2006) recomienda, desde una pregunta de investigación común, donde las diversas disciplinas aporten en la solución de ésta. Actualmente, los procesos hídrico-naturales, urbano-territoriales y los de la gestión tienen en común el espacio de actuación, pero diversas visiones de atender las problemáticas comunes. Por ello, aunque las acciones se den desde diversos niveles gubernamentales o desde las organizaciones sociales, la visión debe ser de Cuenca para lograr la regeneración de la misma.

Otro área de acción identificada surge del análisis al integrar el diagnóstico de los procesos estudiados es el desequilibrio del ciclo del agua existente en la CAA. Aquí intervienen el proceso urbano territorial al disminuir áreas de captación debido a la expansión urbana que utiliza áreas agrícolas para el desarrollo inmobiliario. Así mismo, las políticas de desarrollo que favorecen al sector industrial, en tanto el sector agropecuario utilizan suelos ricos en nutrientes por la dinámica hídrica del territorio (húmedas) para el establecimiento de parques industriales y asentamientos humanos, que desechan aguas servidas sin tratamiento previo a los principales ríos del ecosistema de la CAA. Además, no existe dentro del cuidado del ciclo una política de captación de agua de lluvia para equilibrar el sistema hídrico-natural de la Cuenca.

Un tercer elemento identificado en el cruce de los procesos y su afectación al estado actual de la Cuenca, han sido las políticas hídricas en la región, que han privilegiado la dotación de agua potable y el saneamiento según los objetivos internacionales de desarrollo sostenible, 2030 y las metas del Milenio. Sin duda existen políticas claras desde la federación para invertir en plantas de tratamiento de agua residual y en infraestructura de riego. Sin embargo, la falta de seguimiento en la operación y la no inclusión de los involucrados en la planeación y evaluación de la política no

permite retroalimentar los programas y proyectos y se siguen comentiendo errores que no se pueden medir desde el estado y la federación.

En resumen, de las reflexiones de los tres subsistemas de estudio se identifican las siguientes causas del deterioro:

- Aumento de la contaminación del agua superficial y subterránea debido a la falta de saneamiento en los principales centros urbanos de la Cuenca.
- Aumento de la demanda del recurso por crecimiento poblacional y dinámica territorial.
- Cambios de uso del agua propios del desarrollo urbano.
- Cambios de uso de suelo, lo que implica disminución de áreas de captación de agua de lluvia e infiltración del agua, para la recarga de acuíferos, desequilibrando el ciclo hidrológico.
- Ineficiente manejo del agua en los tres niveles de gobierno, identificado en el marco normativo y la aplicación de la política pública⁷⁴.
- Cultura del agua carente de información, sensibilización y concientización del ciclo hidrológico.

Recomendaciones.

Los diversos procesos de gestión hídrica en la CAA, han seguido la condición de urbanización de esta región que se presenta desde los primeros asentamientos, principalmente de las ciudades de Puebla y Tlaxcala. Desde la fundación de las ciudades de esta región, el agua y el sistema hidrológico han desempeñado un papel fundamental en la conformación de estas y en el desarrollo de las actividades productivas. Así mismo, el estado de deterioro actual en la CAA, es resultado de los modos de apropiación del recurso, desde su extracción hasta su desalojo, y de la falta de políticas integrales de regeneración.

⁷⁴ Se hace referencia a la política pública de la regeneración de plantas de tratamiento en la CAA (2013-2015), reconociendo los diversos actores que intervienen en esta política. Así mismo, se consideran las acciones aisladas de grupos sociales que reclaman la recuperación del Río Atoyac y otros que pugnan por la no privatización del agua en los municipios conurbados a la ciudad de Puebla.

La falta de una visión de Cuenca en las políticas de infraestructura y territoriales, no considera la dinámica natural de la Cuenca que genera, conduce y sanea el agua para consumo tanto humano como productivo, siendo esto una de las causas de la contaminación de las fuentes tanto superficiales como subterráneas.

Así, el deterioro de la CAA, es resultado de la complejidad del sistema, que se genera por las interrelaciones de varios factores como son la conservación de los recursos naturales, las actividades productivas, los procesos territoriales en la CAA y las formas de gestión en el manejo hídrico desde el nivel nacional a partir de la Región del Balsas, hasta las comunidades urbanas y rurales dentro de la misma. Por lo tanto, es importante tomar en cuenta que cualquier proyecto que no considere la dinámica de la Cuenca será injusto de manera social y ambiental, generando problemas tales como, disminución de los caudales, sobreexplotación de las fuentes de abastecimiento, que se percibe en la falta de agua o tandeo de ésta, contaminación de las corrientes superficiales y subterráneas entre otros.

Es importante incorporar la visión de Cuenca, que permita la generación de conocimientos sobre la problemática de un territorio hidrológico, considerando las interrelaciones de los procesos urbano-territoriales, ambientales y de gestión, además es necesario comprender que la gestión integrada de una Cuenca implica la participación corresponsable de varios actores e instituciones de diferentes ámbitos, el local, estatal, nacional e internacional, para lo cual es importante identificar las posibles alianzas o concertaciones entre los múltiples actores que transforman el territorio, con la finalidad de construir el capital social indispensable para una gestión integral de Cuencas.

Actualmente existen organizaciones civiles e instituciones involucradas en la solución de problemas socioambientales, sin embargo, la problemática a nivel de Cuenca sobrepasa las acciones, por lo tanto, la participación debe ser parte del sistema de gestión de los recursos hídrico, lo que implica que el uso de los recursos sea de tal forma que contribuya a la reconstrucción de la capacidad de los sistemas de soporte para el crecimiento futuro.

La visión sistémica implica que la Gestión Integral de los Recursos Hídricos (GIRH), considere a la Cuenca como una unidad del territorio donde funciona la interacción del subsistema y los subsistemas ecológico, social, político, económico y cultural, en donde todas las actividades humanas que se llevan a cabo dentro de la Cuenca repercuten sobre el recurso agua en un Territorio

Hidrológico.⁷⁵ Así la GIRH, es un mecanismo que permite ordenar y guiar los patrones de uso de suelo y de los recursos naturales, de tal manera que la sociedad pueda satisfacer su demanda de recursos sin detrimento de la calidad ambiental. La característica principal de éste es que su proceso es integrativo, adaptativo y participativo (Cruz, 2003).

En este sentido la visión sistémica de cuenca requiere una óptica de regeneración de un territorio en un contexto de cambio climático, donde la complejidad del sistema lo lleva a continuos desequilibrios y reajustes.

Evidentemente se requiere trabajar en procesos culturales y educativos que conciban de una manera corresponsable el deterioro de los ecosistemas, que corresponde a la interacción ser humano - medio ambiente, que den pautas a sistemas de valores colectivos y personales que faciliten la puesta en marcha de acciones que eviten el deterioro de la calidad del entorno donde el ser humano se desenvuelve, y se acepte a los ecosistemas parte del patrimonio.

Aunque existen ejemplos de gobernanza del agua, donde la transición de sistemas centralizados a descentralizados ha sido exitosa, el análisis de la CAA, pareciera presentar muchos retos para poder cumplir con las metas de la política hídrica. Las organizaciones internacionales (OCDE, ONU, CEPAL, Banco Mundial), promueven este esquema como la panacea, pero el análisis del contexto en la Cuenca, muestran que la descentralización por falta de recursos tanto económicos como humanos, ha fortalecido el sistema de jerarquía vertical con pocas capacidades en el nivel local. Las reformas estatales disminuyen la participación ciudadana, principalmente en la planeación y la toma de decisiones, un ejemplo es que la Comisión Atoyac-Zahuapan nunca han tenido una sesión.

4.4 Propuesta de un Modelo de Gestión

Después del análisis sistémico de la CAA se plantea la necesidad de un modelo de gestión que integre tanto el manejo del agua, como la planeación territorial y la participación ciudadana en la Cuenca basada en una nueva gobernanza del agua. La teoría explica que no hay un solo tipo de gobernanza que aplique a todos los problemas ambientales, también que los usuarios de los recursos por si mismos no siempre se organicen para mantener los recursos y por ello el gobierno impone soluciones. Sin embargo, también se ha encontrado que algunas políticas gubernamentales aceleran

⁷⁵ Lo que implica la delimitación del territorio con base en las características físicas de las áreas y referidas a contextos sociales y económicos no sólo con el enfoque administrativo de Cuenca bajo la disciplina de la hidráulica.

la destrucción de los recursos (Pacheco, 2014), como se observa a través del tiempo en la cuenca. Por ello, la principal aportación desde la perspectiva académica es proponer un modelo de gestión que considere los factores contextuales que puedan facilitar la organización propia de los usuarios del agua en un marco jerárquico vertical donde los principales actores de la gestión hídrica han sido las instituciones federal y estatal.

El modelo que se propone intenta dar respuestas a la realidad compleja de la Cuenca, bajo las siguientes consideraciones:

- Concertación de intereses y necesidades de los actores locales, de las organizaciones y las instituciones involucradas en el territorio.
- Promoción continua de la participación ciudadana en la toma de decisiones a partir de la concientización y sensibilización de la sociedad.
- Empleo de una visión compleja, transdisciplinaria que permita evaluar y ponderar acciones desde el contexto diverso y único del territorio.

El modelo planteado pretende mostrar las características generales de la gestión ideal en el contexto de la CAA con el fin de generar un marco donde se permita el cambio gradual hacia una nueva gobernanza hídrica. En éste se integran los elementos (técnicos, político-institucionales y socio-culturales), los mecanismos como la planeación territorial, el fortalecimiento institucional y la participación ciudadana así como los procesos necesarios para reconstruir y fortalecer la estructura territorial, institucional y ciudadana existente en la CAA que permita sustentar la GIRH y la regeneración de ésta. En la Ilustración 24 se esquematiza este modelo.

Ilustración 24 Modelo de Gestión propuesto

Modelo de gestión integral y planeación territorial para la regeneración de la CAA						
Capacidad ciudadana de intervención						
Políticas publicas Hídrica-Territorial						
Aspectos de la Planeación Ecológica y Territorial			Aspectos de Gestión		Cultura del Agua	
Regenerar	Conservar y Proteger	Aprovechar	Reformar	Reorganizar	Educar	Concientizar
Sistema Hídrico-Natural	Áreas de captación, ANP	Agua de lluvia, Reúso de aguas servidas, Ahorro en viviendas	Reformas a ROP´s, redefinir atribuciones institucionales, reformas en los reglamentos y normas de planeación	Fortalecimiento a la Gestión Municipal	En todos los niveles a partir de los textos y clases escolarizadas	En las comunidades, colonias a partir de talleres de capacitación, cartografía social y planeación participativa
Unidades de Gestión Territorial			Capacidad institucional		Participación ciudadana	
Acciones técnicas			Acciones política-institucionales		Acciones socio-Culturales	
Gestion Integral de los Recursos Hidricos						
Nueva Gobernanza del agua						

Fuente: Elaboración propia

4.4.1 Áreas de atención por actor involucrado

El modelo propuesto, es resultado del análisis de la CAA, a través de los procesos naturales, del urbano-territorial y del de la gestión lo que permitió identificar áreas prioritarias de atención para cada uno de los actores involucrados en el manejo del agua, en los diversos niveles de actuación y ámbitos. En este apartado se enlistan algunas recomendaciones de actuación para los involucrados.

Para las instituciones de gobierno

La gestión del agua por parte de las instituciones de gobierno se encuentra fragmentada, aunque existen planes rectores a nivel nacional y estatal, las formas de implementación y operación de la política hídrica varía en cada entidad así como en cada municipio, por lo tanto, el manejo integral de la Cuenca no se logra, a pesar de que las normas se han dirigido hacia esta visión. Algunas recomendaciones con respecto a esto son:

- Evaluar los programas de la política hídrica en la CAA, con respecto al diseño y operación, con el fin de alinear los objetivos de los tres niveles de gobierno.
- Rediseñar los programas favoreciendo la participación ciudadana de grupos establecidos en la planeación, operación y evaluación de la política hídrica, así como del nivel municipal.
- Revisar y alinear las acciones de otros programas de gobierno que guardan relación con los objetivos de la política hídrica (CONAGUA, IMTA, CEAS, CEAT), con los de CONAFOR, CONANP, SEDATU, SEDESOL del nivel federal y sus similares en los estados de Puebla y Tlaxcala.
- Integrar en las bolsas de los recursos a la Industria y la Iniciativa Privada a través de apoyos fiscales por inversión de tecnologías verdes.
- Integrar a la Sociedad en los programas de recuperación de territorio y cuerpos de agua a partir de pagos por servicios ambientales o de obras para la recuperación ambiental como lo es el trabajo temporal
- Aumentar los recursos para monitoreo de calidad de agua en cuerpos de agua, en PTAR, y para obtener micro y macro mediciones de gastos en las redes de agua potable, con el fin de tener datos observables para la planeación.

- Educar y concientizar a la población sobre el ciclo del agua, la posición que como usuario juega en éste a partir de los textos y educación formal

Para la sociedad civil

En las dos entidades que comparten la Cuenca, existen organizaciones sociales que actúan sobre el territorio de manera aislada, no siempre se suman a las acciones de gobierno, a veces se les percibe como opositores y críticos de la política. Hasta ahora si han reaccionado ante ciertos programas o reformas de ley específicamente contra la privatización y la falta de compromiso de los empresarios y organismos operadores de agua municipal en cuanto a la recuperación de los ríos Atoyac y Zahuapan. Sin duda, el seguimiento y la contraloría social es necesaria, sin embargo, para sumar esfuerzos y no restar a las políticas se recomienda:

- Seguimiento en los acuerdos con los representantes gubernamentales ya que existe rotación de personal en las instituciones gubernamentales.
- La academia también debe involucrarse en proyectos comunitarios para aplicar la investigación que en esta área se ha enfocado a tecnologías e ingenierías. En esta área falta que se consideren en los programas la viabilidad de adaptar tecnologías a la solución de problemas específicos. También se recomienda integrar enfoques sociales para cubrir áreas también importantes como son la cultura del agua, y la planeación comunitaria.
- Los empresarios también actúan a partir de las cámaras y asociaciones por sector, sin embargo, así como las ONG's no juegan un rol en el diseño, operación o evaluación de las políticas. Sus necesidades y limitaciones no son tomadas en cuenta en los cambios de normatividad. Algunos empresarios ya se han afiliado a ONG's como Dale la Cara al Atoyac o financiando proyectos a través de fundaciones. Por ello se recomienda que formen parte los actores organizados en los consejos y comités de Cuenca, para dar seguimiento a los acuerdos. Ellos generalmente no tienen cambio de personal tan frecuentes.
- De manera particular, la sociedad también puede aportar desde la vivienda integrando sistemas de captación de agua de lluvia, aumentando áreas de captación con el fin de regenerar el bosque, reducir y reusar aguas servidas a partir de ecotecnias.
- Involucrar a las organizaciones sociales en la educación informal a través de talleres de planeación participativa, cartografía social y sensibilización cultural en los temas del agua.

4.4.2 La Estrategia

Si se parte de la definición de que se quiere para la CAA, **la visión** sería la de *tener una Cuenca regenerada a partir de promover técnicas de restauración, conservación, recuperación y aprovechamiento sustentable del territorio, así como mejorar la capacidad institucional y la participación ciudadana hacia una nueva gobernanza del agua*. Y las estrategias y líneas de acción serían el ¿Cómo y con qué se va a lograr? así, en este apartado del capítulo se enlistan una serie de estrategias que pretenden ser un primer acercamiento a un plan de acciones para obtener el objetivo: *Regenerar la CAA a partir de una gestión integral de los recursos hídricos bajo un enfoque sistémico y de Cuenca*. Se proponen tres tipos de estrategias las territoriales, las de gestión institucional y las de construcción de una cultura del agua, el fin de cada una se define en la siguiente ilustración.

Ilustración 25: Estrategias

Estrategias Territoriales	Regeneración del Sistema Territorial (Urbano-Rural-Natural)
Estrategias de Gestión	Aumentar la participación ciudadana en la toma de decisiones y mayor corresponsabilidad (Atribuciones y derechos)]
	Reforma en el marco legal e institucional (Reglamentos, ROP, Normas-Atribuciones)
Cultura del Agua	Definir programas de educación ambiental en el sector educativo
	Generar programas de sensibilización a través de talleres de cartografía social, planeación participativa

Fuente: Elaboración propia

Estrategias Territoriales

Se plantean estrategias territoriales para tres niveles de actuación, que son el nivel regional, el local y el particular. En cada estrategia planteada se intentó identificar a los actores sociales y los factores del contexto que puedan potenciar la estrategia.

Para el nivel regional, que corresponde a la Cuenca:

ER1. Revisar los instrumentos de ordenamiento ecológico y territorial, que se tengan en la zona, con el fin de coordinar esfuerzos entre las diversas instituciones que promueven éstos, validado claro por los expertos de la región, las ONGs y consejos de participación ciudadana del sector urbano, ambiental y rural.

ER2. Retomar los planteamientos metropolitanos tanto de Tlaxcala como de Puebla, para la ZMPT y para la ZMTA, y adecuarlos desde una perspectiva de Cuenca alineando con las políticas federales como los programas de restauración forestal en Cuencas considerar los programas las áreas de recarga como áreas de restauración forestal en Cuencas hidrográficas, considerar los programas federales para esta acción.

Para el nivel local que corresponde al nivel municipal, comunitario o ciudad.

EL1. En la ciudad promover el diseño urbano sensible al agua con el fin de minimizar los impactos sobre el ciclo natural del agua. A través de este tipo de planificación, se aproxima a un desarrollo que se adapte a las características naturales de los emplazamientos o lugares, que proteja los ecosistemas naturales, y que optimice el uso del agua como un recurso. (Existe por ejemplo un programa comunitario de mejoramiento barrial para la Ciudad de México donde la comunidad propone un proyecto concertado y el gobierno de la CDMX financia el proyecto).

EL2. En el campo y en las áreas naturales de las ciudades, también se pueden generar acciones comunitarias para la producción de agua y conservación de áreas naturales. Esta posición más ambientalista, también se promueve desde la comunidad, pero igual bajo la intervención técnica y de gobierno puede generar capital social y generar sinergia a nivel local (Un ejemplo de este programa es el que se promueve por la asociación Isla Urbana, quien instala y capacita a las organizaciones de vecinos sobre sistemas de captación de agua de lluvia. También se tiene en la CDMX un programa de apoyo para la conservación y restauración de ecosistemas a través de la participación social PROFACE).

El nivel individual corresponde a nivel personal o particular de casa-edificio

EP. Utilizar enotecnias para la captación de agua de lluvia, reutilización de aguas grises en edificios particulares desde una vivienda.

Estrategias de Gestión

Se plantean estrategias de gestión para tres niveles de actuación que son el nivel regional, el local y el particular. En cada estrategia planteada se intentó identificar a los actores sociales y los factores del contexto que puedan potenciar la estrategia.

Para el nivel regional, que corresponde a la Cuenca, se proponen las siguientes:

- R1. Reactivación de Consejos y Comités de Cuenca y de la Comisión Atoyac-Zahuapan donde se integre a los actores sociales.
- R2. Mayor coordinación entre la política interinstitucional hídrica y de los sectores relacionados.
- R3. Crear la Ley ciudadana del Agua en coordinación con la asociación Agua para todos, agua para la vida.

Para el nivel local:

- L1. Recuperación del Río Atoyac, en coordinación con Dale la Cara al Atoyac, ONG's de Tlaxcala empresarios e instituciones del gobierno federal, estatales y municipales.
- L2. Remunicipalización como la propone ASA en los municipios urbanos y conurbados a la Ciudad de Puebla.

De manera particular

- P1. Una nueva cultura del agua y de participación, asociándose en los comités vecinales del agua, para gestión de proyectos de ecoténias, de contraloría social como lo son las denuncias sobre descargas clandestinas y/o que no cumplan con las normas.

4.5 Líneas de investigación derivadas

Considerando la necesidad de estudios con una visión de cuenca, las líneas de investigación que se derivan de la investigación son:

- Legislación hacia una gobernanza participativa comunitaria, bajo el principio de Derecho Humano al Agua.
- Tecnologías limpias, para lograr el aprovechamiento del agua de lluvia, reciclado y emisiones ZERO.
- Construcción de estrategias y planificación locales en materia de educación ambiental concientización y agua virtual.
- Reducción de huella hídrica.
- Psicología-educación-cultura ambiental para guardar una mayor relación del ser humano con el agua y los recursos.
- Tecnologías alternativas para los procesos secundarios y terciarios en las PTAR.
- Modificación de la NOM con el fin de incluir la medición y sustancias contaminantes y tóxicas.
- Procesos de regeneración del agua, cosecha de agua.
- Estudios sobre la contaminación los efectos en la salud: sanciones (aplicación de leyes).
- Incentivos fiscales para detener la contaminación puntual del agua.

Conclusiones

La conjugación de elementos conceptuales desde la Teoría de Sisemas, presenta las bases para sustentar que el deterioro de la CAA es resultado de procesos en el Territorio que no puede seguir una visión parcial unidisciplinar o a través de disciplinas aisladas. Por lo tanto, es necesario dejar de lado las visiones unidisciplinarias y adoptar la visión de Cuenca desde un enfoque Regenerativo, Integrativo y Adaptativo en las formas de relacionarse con el territorio, incluida la planeación y el ordenamiento territorial.

El deterioro de la CAA es el resultado acumulado de los impactos de las actividades humanas sobre el territorio bajo una lógica extractivista y de desecho de los recursos naturales, que no

considera la capacidad de carga de los ecosistemas, ni su dinámica territorial. Por otro lado, el proceso urbano-territorial tuvo su mayor transformación a partir de los años noventa con la expansión territorial que tuvo un efecto en el proceso de conurbación que ha continuado hasta nuestros días. Así mismo, el balance hídrico se ha basado en la disponibilidad de agua subterránea y superficial, mientras el crecimiento poblacional presenta la tendencia natural de mayor demanda del recurso, lo que implica sobreexplotación de fuentes de abastecimiento y cambios en la distribución de los usos consuntivos del agua.

Se identificaron ciertas interrelaciones entre el sistema hídrico natural y el urbano territorial, a partir de los procesos de deterioro generados por el cambio de uso de suelo y disminución de áreas de vegetación, esto a consecuencia principalmente de la expansión urbana y la consolidación de dos zonas metropolitanas la de Puebla-Tlaxcala y la de Tlaxcala-Apizaco. Esto tuvo las siguientes implicaciones en el ciclo hidrológico en la CAA:

- Mayor área impermeable y por lo tanto aumento de escurrimientos superficiales.
- Así mismo, aumentó la contaminación de los ríos Atoyac y Zahuapan, ya que, a lo largo de estos, se localizan las principales ciudades del sistema Urbano Territorial que descargan los drenajes municipales e industriales en estos ríos. Asimismo, en la presa Manuel Ávila Camacho, Valsequillo por ser el destino final de las descargas en esta Cuenca.
- La demanda para uso urbano ha ido en aumento con respecto a los otros usos debido a la dinámica urbano-territorial de la zona. Existe una menor disponibilidad del recurso per cápita ya que no hay aumento en la disponibilidad de agua subterránea y en cuanto a la disponibilidad de agua superficial existe déficit en la CAA.

Si realmente se quisiera coadyuvar a Regenerar la CAA, su manejo tendría que hacerse en el marco de un sistema complejo con políticas, estrategias y acciones transversales en los aspectos que interactúan en su deterioro tales como: económicos, políticos, ideológicos, ambientales, culturales tecnológicos, legales, sociales y urbano-territoriales en diversas escalas. Además, la base sería una gobernanza que propicie la participación, corresponsabilidad, cooperación, organización y coordinación entre los diversos usuarios de los recursos, donde los usuarios deberán intervenir en la planeación, ordenamiento del territorio, diseño de instrumentos y en la toma de decisiones desde el nivel comunitario, local, regional y nacional. Este modelo de gestión trata de dejar a un lado los

esquemas verticales en el destino de la CAA, donde sólo toman las decisiones los gobernantes. En el manejo de la Cuenca es indispensable considerar los eventos hidrometeorológicos extremos para prevenir situaciones de riesgo.

Para garantizar la sustentabilidad y procurar la regeneración de la Cuenca, en el futuro es indispensable generar una mayor conciencia de la limitación del recurso agua, la necesidad de respetar los ritmos de la naturaleza y de considerar modelos productivos económicamente viables, socialmente aceptables y ambientalmente factibles.

LISTA DE REFERENCIAS

- Aboites, A. L. (1999). *El agua de la nación. Una historia política de México (1888-1946)*. México: CIESAS. Retrieved from <http://www.revistas.unam.mx/index.php/antropologia/article/view/13062/12375>
- Aboites, L., Birrichaga, D., & Garay, J. A. (2010). *El manejo de las aguas mexicanas en el siglo XX*. In B. Jiménez Cisneros, M. L. Torregrosa y Armenta, L. Aboites Aguilar, & CONAGUA (Ed.), *El agua en México: cauces y encauses* (pp. 21-50). México, México: Academia Mexicana de Ciencias. Retrieved from <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Contenido/Documentos/elaguaenmexico-caucesyencauses.pdf>
- Agua.org.mx,(2017). *Cuencas hidrogáficas y ciclo del agua*. Obtenido deAgua.org.mx: <https://agua.org.mx/que-es-una-cuenca/#ciclo-del-agua>
- Agua para todos (2013). *Manual Agua para todos, agua para la vida*. Obtenido de agua para todos.org:<http://aguaparatodos.org.mx/web/html/archivos/interiores/interiores%20manual.pdf>
- _____(2015). *Compilacion de Leyes de Agua en la Historia de Mexico*. Retrieved from <http://aguaparatodos.org.mx/wp-content/uploads/Leyes-de-aguas-nacionales-y-sus-reformas-1910-1992.pdf>
- Aguilar, G.A.(2004). Los asentamientos humanosy el cambio climático global.En J.Martinez, &A. Fernández B.,Cambio climático una visión desde México (Primera ed., págs.265-277).México:INE,SEMARNAT.
- Altieri, J. (2016). *Crecimiento de Localidades Urbanas de la CAA*. Crecimiento Urbano Calculado con Base en Datos de Cartas de Uno del suelo. INEGI, 1980, 2000 y 2010, Puebla.
- Alvarado C. M, Reynoso P, R., Rosas M, I. & Comenero RA. (2008) *indicadores de degradación ambiental en la Cuenca del Río Zahuapan, Estado de Tlaxcla*. México, Instituto Politécnico Nacional, Secretaría de Investigación y Postgrado, México. Obtenido de http://sappi.ipn.mx/cgti/archivos_anexo/20070059_4551.pdf.
- Alvarado, M. Martínez, María & Rolando R. (2011). *Evaluación y monitoreo ambiental “Cuenca del río Zahuapan”*. México. DF. Instituto Nacional de Ecología. Recuperado el 8 de octubre 2016. http://www.inecc.gob.mx/descargas/cuencas/2011_cnh2_mon_malvarado.pdf
- ATL (13 de noviembre de 2009). *Información y comunicación del agua: prioridad mundial*.Obtenido de Cátedra UNESCO-IMTA: http://www.atl.org.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=6714&Itemid=910
- ATSDR (6 de mayo de 2016 a). *toxFaqStm-cloruro de vinilo*. Agencia para sustancias tóxicas y el registro de enfermedades, division of toxocology at human health cience. Atlanta: agency for toxic sustances and disease registre. Obtenido de https://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts20.html

- _____. (2016). *Di (2-etilhexil) ftalato (DEHP)(Di)(2-ethylhexyl) phthalate*, Atlanta: Agencia para sustancias tóxicas y el registro de enfermedades. Obtenido de https://www.atsdr.cdc.gov/estoxfaqs/es_tfacts9.html
- Auditoría Superior de la Federación. (2012). Evaluación núm 479. "Política Hídrica Nacional". México: Cámara de Diputados. Retrieved from http://www.asf.gob.mx/Trans/Informes/IR2012i/Documentos/Auditorias/2012_0479_a.pdf.
- Banco Mundial (2015). *Pronósticos del Banco Mundial: Por 1ra. vez la pobreza mundial se situará por debajo del 10%*. Banco Mundial. Obtenido de <http://www.bancomundial.org/es/news/press-release/2015/10/04/world-bank-forecasts-global-poverty-to-fall-below-10-for-first-time-mayor-hurdles-remain-in-goal-to-end-poverty-by-2030>
- Barcelata, H. (2008). *Desarrollo industrial y dependencia económica de México 1940-1970*. Recuperado el 14 de octubre de 2016 de. eumed.net:<http://www.eumed.net/librosgratis/2008b/384/La%20formacion%20de%20um%20nuevo%20Estado%20y%20la%20economia%20posrevolucionaria.htm>.
- Birrichaga Gardida, D. (1998). *Las empresas de agua potable en México 1887-1930*. In B. E. Suárez Cortéz, *Historia de los usos del agua en México. Oligarquías, empresas y ayuntamientos (1840-1940)* (págs. 91-149). México: CIESAS, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.
- _____. (2009). Legislación en torno al agua. In CONAGUA, *Semblanza Histórica del agua en México* (págs. 43-60). México, D.F: Secretaria del Medio Ambiente y recursos Naturales. Retrieved from <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/SGP-28SemblanzaHist%C3%B3ricaM%C3%A9xico.pdf>
- Biswas, A. U. (1999). *Watter for urban areas: challenges and perspectives*, Tokio: United Nations University Press.
- Bustamante, C. (2007). "La ciudad de Tlaxcala del siglo XVI al XX", en E. Velasco & C. Bustamante, *La ciudad de Tlaxcala y su zona conurbada* (primera ed., pp.7-48), Tlaxcala. México ; Universidad Autónoma de Tlaxcala, Centro de Investigaciones Interdisciplinarias sobre Desarrollo Regional . Recuperado el 17 de marzo de 2016, http://ciisder.mx/images/libros/ciisder_la_ciudad_de_tlaxcala_y_su_zona_conurbada.pdf
- BVSDE (2003). *Cloruro de vinilo*. Obtenido de biblioteca virtual de desarrollo sostenible y salud ambiental: http://www.bvsde.paho.org/cd-gdwq/docs_quimicos/Cloruro%20d%20vinilo.pdf
- Cabrera, B, V. (2010). *Bases teóricas y metodológicas. Observatorio de competitividad para el municipio de Puebla*. Puebla, México: BUAP.
- _____. (2015). *Configuración territorial en México (1940-1970), la huella profunda de la historia* . Puebla: Instituto de Ciencias Sociales y Humanidades "Alfonso Vélaz Pliego" BUAP.
- Caire, G. (2004). *Retos para la gestión ambiental de la cuenca Lerma Chapala: obstáculos institucionales para la introducción del manejo de cuencas*. Obtenido de: Instituto Nacional de Ecología: http://www.inecc.gob.mx/descargas/cuencas/retos_gest_amb.pdf

- Cakmak, B., & Apaydin, H. (2010). Review. Advances in the management of the wastewater in Turkey: natural treatment or constructed wetlands. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 8(1), 188-201. Obtenido de [http://www.inia.es/gcontrec/pub/188-201_%28057-09\\$29_R._Adv_1267098809625.pdf](http://www.inia.es/gcontrec/pub/188-201_%28057-09$29_R._Adv_1267098809625.pdf)
- Cámara de Diputados. (2013, 05 20). Planes Nacionales de Desarrollo a partir de 1983. Retrieved from <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/compila/pnd.htm>
- Capuano, F., Calbachi, B. Martinelli, G., Pechini, G. Rena, E. Escaroni, L., Biglardi, G. (Marzo de 2005). Environmental prospection for PCDD/PCDF, PAH, PCB, and heavy metals around the insinerator power plant of Reggio Emilia Town (North Italy) And surrounding main roads. *Chemosphere*, 58 (11). Obtenido de Food and agriculture organization of the united nations <http://www.cienccedirect.com/ciencia/article/pii/S0045653504010628?via%3Dihub>
- Carranza, V. (1915, enero 6). Ley Agraria del 6 de enero de 1915. Retrieved from Procuraduría Agraria: http://www.pa.gob.mx/publica/rev_58/analisis/ley%20agraria%20del%206%20de%20enero%20de%201915.pdf.
- Carreón, M., Suárez, J., Muñoz, H., Monroy, J., & Chamizo, S. (2013) Problemática Ambiental de los escurrimientos (barrancas) de la cuenca alta del río Zahuapan, Tlaxcala, México. *Gestión Ambiental*, 25, pp. 25-38. Obtenido de http://www.ceachile.cl/revista/cdn/4_GA_25_2013_Carreon_et_al.pdf
- Carson, R. (2016). *Primavera silenciosa*. Barcelona, España: Crítica. Planeta.
- Carus Group (2017). *Sulfuro de hidrógeno*. Aguas residuales. Illinois: Carus Group INC. Obtenido de http://es.www.caruscorporation.com/page/water/wastewater/hidrogeny_sulfide
- Casiano Flores, César, Özerol, G., Bressers, H., Kuks, S. & Gleason, A. (2019). The estate as a simulator of wastewater treatment policy: a comparative assessment of three subnational cases in central Mexico, *Journal of Environmental Policy and Planning*. Obtenido de, <https://doi.org/10.1080/1523908X.2019.1566060>
- Casiano Flores, C., & Bressers, H. (2016). Changes without changes: The Puebla's Alto Atoyac Sub-basin Case in Mexico, *Water Governance* 01-2016 (pp.12-16)
- Casilda, R. (26 de abril de 2004) *América Latina y el Censo de Washington*. Obtenido de ICE: http://www.revistasice.info/cache.pdf/BICE-2803_19-38_4F750124143128257278CDB775B3F4F9.PDF
- Castro, E. (1990). *Memoria de la ciudad de Puebla*. Ayuntamiento de la H. Puebla de Zaragoza
- CCME (1999 a). *Canadian sediment quality guidelines for the protection of aquatic life: Arsenic*. Obtenido de Canadian council of ministers of the environment: <http://www.ec.gc.ca>
- _____. (1999 b). *Canadian water quality guidelines for the protection of agricultural water uses: arsenic*. Obtenido de Canadian council of ministers of the environment: <http://www.ec.gc.ca>
- _____. (2001). *Canadian sediment quality guidelines for the protection of aquatic life: Arsenic*. Obtenido de Canadian council of ministers of the environment: <http://www.ec.gc.ca>
- Cebrián, M., Albores, A., Aguilar, M. & Blakely, E. I. (1983). Chronic arsenic poisoning in the north of Mexico. *Hum Exp Toxicol*, 2 (1), 121-133.

- Cedeño, P., Téllez, D., Pacheco, F., Rosano, G. & Ascencio, J. (2009). Química y Fitorremediación de la presa Manuel Ávila Camacho “Valsequillo” Puebla, Pue. *Red Ambientales Congreso*. Cuernavaca, Morelos: Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Recuperado el 14 de diciembre de 2016, de: http://web.uaemx.mx/Red_Ambientales/docs/congresos/MORELOS/Extenso/TA/EO/TAO-52.pdf
- Centro Mexicano de Derecho Ambiental (CEMDA) (2006). *El agua en México, lo que todos y todas debemos saber*. Obtenido de CEMDA: https://www.cemda.org.mx/wp-content/uploads/2011/12/agua-mexico_001.pdf
- CEQG(2002). *Summary of Existing Canadian Environmental Quality Guidelines*. Obtenido de Canadian Environmental Quality Guidelines: <http://www.chemeng.queensu.ca/courses/CHEE315/projects/documentsCCMEGuidelines.pdf>
- Cervantes, O. C. (1991). *Estudio de la calidad del agua en el municipio de Puebla*, Puebla: Benemérita Universidad Autónoma de Puebla
- CNDH. (2017) *Recomendación No.10 sobre la violación de los derechos humanos a un ambiente sano, saneamiento del agua y acceso a la información en relación con la contaminación de los ríos Atoyac, Xochiac y sus afluentes*. México. Comisión Nacional de Derechos Humanos. Recuperado el 12 de agosto de 2017, de www.cndh.org.mx/sites/all/doc/recomendaciones/2017/rec_2017_010.pdf
- COFEPRIS-PROFEPA-CONAGUA (25 de febrero de 2015) *Operativo conjunto de PROFEPA, CONAGUA, Y COFEPRIS, clausura 9 empresas altamente contaminantes que vertían residuos peligrosos al río Atoyac*. Obtenido de Secretaría de Salud- Comisión Federal para la Protección contra riesgos sanitarios: <http://www.cofepris.gob.mx/Documents/NotasPrincipales/25022015.pdf>
- Colegio de Mexico. (2004). *Evolución de la Legislación de aguas en México*. Recuperado el 19 de octubre de 2017 de SIAPS. COLMEX: <http://siaps.colmex.mx/documentos/legislacion/Evolucion%20de%20la%20legislacion%20de%20aguas%20en%20Mexico.pdf>
- CONAFOR-SEMARNAT. (2015). Recuperado el 24 de junio REED+ en México CONAFOR. Retrieved from www.conafor.gob.mx/web/temas-forestales/bycc/redd-en-mexico/
- CONAGUA (2005). *Estudio de clasificación del río Atoyac, Puebla, Tlaxcala, México*. Comisión nacional del agua
- _____. (2008a). *Clasificación de cuerpos de Agua Nacionales, ríos Atoyac y Zahuapan*. Obtenido de SEMARNAT-CONAGUA: http://www.inecc.gob.mx/descargas/dgcnica/press_proname_ago2008_e_gutierrez.pdf
- _____. (2008b). *Ley federal de derechos disponibles aplicables en materia de agua*, México: Diario oficial de la federación.
- _____. (2009). *Semblanza Histórica del Agua en México*. Obtenido de Comisión Nacional del Agua: <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/SGP-28SemblanzaHist%C3%B3ricaM%C3%A9xico.pdf>

- _____. (2011a). *Consejo de cuenca del río balsas*. Comisión nacional del agua. Obtenido de <http://www.conagua.gb.mx/CONAGUA07/contenido/documentos/elcaso.pdf>
- _____. (2011b). *Declaratoria de clasificación de los ríos Atoyac y Xochiac o Hueyapan y sus afluentes*, Comisión nacional del agua, México: Diario oficial de la federación. Obtenido de http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/contenido/documentos/DRio_AtoyacyXochiac_o_Hueyapan.pdf
- _____. (2012). *Programa Hídrico Regional Visión, 2030*. Ciudad de Méxio, México: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Obtenido de www.conagua.gob.mx
- _____. (2014a). *Estadísticas del agua en México*. Obtenido de www.conagua.gob.mx/conagua07/publicaciones/publicaciones/EAM2014.pdf y recuperado el 10 de marzo del 2016 de Comisión Nacional del Agua.
- _____. (Junio de 2014b). *Determinación de la disponibilidad de agua en el acuífero Valle de Puebla*. México, D.F, México. Obtenido de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/273105/DR_2104_VALLE_DE_PUEBLA.pdf
- _____. (2015a). *Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero Alto Atoyac (2901), Estado de Tlaxcala*. Comisión nacional del agua. Gerencia de aguas subterráneas. México: Diario oficial de la federación http://www.gob.mx/cms/upload/attachment/file/103387/DR_2901.pdf
- _____. (2015b). *Comisión Nacional del Agua, Subdirección General Técnica*. Obtenido de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/103387/DR_2901.pdf
- _____. (2017). *Concentrado calidad del agua superficial 2012-2016, México: Comisión nacional del agua*.
- CONAGUA-SEMARNAT. (2016). *CONAGUA-SEMARNAT*. Obtenido de www.gob.mx/201.116.60.25/publicaciones/AAM_2016.pdf
- CONAP (2011). *Ficha informtiva de los humedales de Ramsar (fir), versión 2006-2008*, Comisión nacional de areas naturales protegidas. atlangatepec: CONAP.gob.mx Obtenido de http://ramsar.conap.gob.mx/docs/sitios/FIR_RAMSAR/Tlaxcala/presa%20atlangatepec/PR ESA_DE_ATLANGATEPEC.pdf
- CONAPO-SEDESOL (2012). *Catálogo del Sistema Urbano Nacional*. Obtenido de www.conapo.gob.mx/en/CONAPO/catalogo_sistema_urbano_nacional_2012
- Congreso de la Union. (30 de diciembre de 1980). *Diario Oficial de la Federación*. Obtenido de http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4862869&fecha=30/12/1980
- _____. (05 de noviembre de 1980). *Diario Oficial de la Ferecaión*. Obtenido de http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4860887&fecha=5/11/1980
- _____. (03 de 02 de 1983). *Diario Oficial de la Federación*. Obtenido de http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4794121&fecha=03/02/1983
- _____. (7 de 08 de 1986). *Diario Oficial de la Federación*. Obtenido de http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4804200&fecha=07/08/1.

- _____(28 de 01 de 1988). *Diario Oficial de la Federación*. Obtenido de <http://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/agenda/DOFs/148.pdf>
- _____(29 de 04 de 2004). *Diario Oficial de la Federación*. Obtenido de http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/ref/lan/LAN_ref01_29abr04.pdf
- _____(26 de 01 de 2011). *Diario Oficial de la Federación*. Obtenido de http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5175730&fecha=26/01/2011
- _____(22 de 03 de 2011). *Diario Oficial de la Federación*. Obtenido de http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5182688&fecha=22/03/2011
- _____(noviembre de 2017). *Ley de Planeación*. Obtenido de e-congreso: <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/ref/lplan.htm>
- Consejo de Cuenca del Rio Balsas. (26 de 03 de 1999). *Actas de sesion*. Obtenido de Acta constitutiva: <http://consejocuencabalsas.org/actasconsejo.php>
- Contreras, C. & Pardo, C., (2010). *La ciudad de Puebla de los ángeles (México) y su población entre 1777 y 1830*, (C. E. IBEROAMERICANOS, Ed.) Recuperado el 16 de FEBRERO de 2016, de <https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-00530088/document>
- Cordero, J. (2010) “Sustentabilidad, sostenibilidad y desarrollo sustentable” en V. Cabrera & P. Salvador, *Bases teóricas y metodológicas, Observatorio de competitividad* (p.p. 35-55), Puebla:BUAP
- Cornelis, R. & Nordberg, M. (2007). “General Chemistry Sampling, analytical methods at especiation”, en G.nordberg, B. Fowler, M. Nordberg & L. Friberg, *Handbook on the toxicology of metals* (pp. 11-38). Elsevier Inc.Obtenido de <http://www.cienccdirect.com/cience/book/9780123694133>
- Cruz, G. (2003). *La cuenca comunidad de planeación ambiental*. Obtenido de Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático: <http://www.inecc.gob.mx/descargas/publicaciones/397.pdf>
- Davison, M. (2014). “La conformación del sistema de riego del Valle de Texmelucan en la Cuenca del Alto Atoyac durante el siglo XVII”, en H. Salas & M. Rivermar, *Nativitas, Tlaxcala, la construcción en el tiempo de un territorio rural* (pp. 37-58), México:UNAM
- De la Lanza, E. (2006), “Aspectos físico químicos que determinan la calidad del agua”, en L. Martínez Córdova, *Ecología de los sistemas acuícolas. Bases ecológicas para el desarrollo de la acuicultura* (2-26), México: AGT
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) (2011). *Nitrógenos totales*. Obtenido de Sistema de Información del Medio Ambiente: http://www.dane.gob.co/files/investigaciones/pib/ambientales/Sima/nitrogenostotales_13-pdf
- Díaz, M, L., (2009). *El concepto de gobernanza*. Obtenido del Instituto de Investigaciones Jurídicas UNAM: <http://archivos.juridicas.unam.mx/www.bjv/libros/6/2818/5.pdf>
- Domínguez, Judith (2012). *Hacia una buena gobernanza*. Grupo Buena Gobernanza. El Colegio de México-CONAGUA-OCDE.

- Dourojeanni, A. (2013). *La olvidada racionalidad para la gestión ambiental y del agua*. Obtenido de Ministerio del Ambiente, Perú: <http://www.minam.gob.pe/diiversidad/wpntent/uploads/sites/63/2015/01/resumen31.pdf>
- Elizalde, A. (2003), Desde el “Desarrollo sustentable hacia sociedades sustentables”, *Polis Revista Latinoamericana* (4) 1-22 obtenido de <https://polis.revues.org/7154>
- Enríquez Pérez, I. (2006). *La Transformación de las Concepciones sobre el Proceso de Desarrollo en las Políticas Públicas Mexicanas*. Ciudad de México, México: UNAM. Obtenido de <http://www.eumed.net/libros-gratis/2008c/453/#indice>
- Escalante, A. (2010). Las refundaciones de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Sinaloa de la Reforma Agraria a la liberación del comercio agrícola . *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos* XL(2)-59-92. Recuperado el 13 de octubre de 2016, de <http://www.redalyc.org/pdf/270/27018884004.pdf>
- Escobar Ohmstede, A. (2015). Los indígenas frente a la constitución de 1917 y sus reformas (aguas y tierras). El antes y después. In P. J. Federación, *Los pueblos indígenas y la Constitución de 1917: una revalorización del pasado hacia el presente* (pp. 31-163). México: Suprema Corte de Justicia de la Nación. Retrieved from http://www.constitucion1917-2017.pjf.gob.mx/sites/default/files/obras/Los_Pueblos_Indigenas.pdf
- Espinosa, V., Alcalá, D. & Hernández, O. (2006) *Metodología para evaluar la calidad del agua* México: Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco
- Fairbrother, A., Wenstel, R., Sappington, K. & Wood, W. (marzo de 2007). *Framework for Metals Risk Assessment*. Obtenido de United States Enviromental: <https://nepis.epa.gov/Exe/ZyNET.exe/60000GSQ.txt?ZyActionD=ZyDocument&Client=EPA&Index=2006%20Thru%202010&Docs=&Query=&Time=&EndTime=&SearchMethod=1&TocRestrict=n&Toc=&TocEntry=&QField=&QFieldYear=&QFieldMonth=&QFieldDay=&UseQField=&IntQFieldOp=0&ExtQField>
- Fernández Ruiz, J. (2002). *Servicios Públicos Municipales*. México, D.F.: Instituto Nacional de Administración Pública.
- FIQ-BUAP (1986). *Perspectivas en el Lago de Valsequillo como sistema ecológico*, Puebla, Puebla: Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Facultad de Ingeniería Química.
- Flores, G. S. (2004). *Sistema de ciudades y desarrollo regional en el estado de Tlaxcala, 1970-2000*, Tlaxcala: El Colegio de Tlaxcala A.C.
- Foro Contaminación Ambiental (1990). *Declaración del Foro sobre la Contaminación Ambiental de la Ciudad de Puebla, Programa de Estudios Municipales*, Puebla: BUAP.
- Gabel, M. (2015). Regenerative Development: Beyond Sustainability. *Kosmos, Journal for Global Transformation*, 1-10. Obtenido de: <https://www.kosmosjournal.org/article/regenerative-development-going-beyond-sustainability>.
- Gaceta Parlamentaria. (29 de marzo de 2016). *Punto de acuerdo, por el que se exhorta a la Semarnat, la Conagua y la Profepa a llevar a cabo con los gobiernos de Puebla y Tlaxcala acciones para sanear el río Atoyac*. Obtenido de Gaceta Parlamentaria 4496-VI: <http://gaceta.diputados.gob.mx/Black/Gaceta/Anteriores/63/2016/mar/20160329-VI/Proposicion-30.html>

- Galicia, E. (2009). "Topografía, geología y clima en la Cuenca del Alto Atoyac. Factores determinantes del funcionamiento de los sistemas de flujo de agua subterránea", en R. Loreto, *Agua, poder urbano y metabolismo social* (pp. 25-45), Puebla: BUAP.
- _____. (2013). *Cambios en los procesos de irrigación en las zonas de recarga y descarga de agua subterránea, Subcuenca de San Martín Texmelucán, Puebla siglo XX*, Puebla: ICSH - BUAP.
- _____. (2014). Un acercamiento histórico a las condiciones "originales" de funcionamiento del sistema hídrico en la microcuenca de la ciudad de Puebla. *Investigaciones Geográficas*. Obtenido de: http://www.igeograf.unam.mx/sigg/utilidades/docs/pdfs/publicaciones/pre_print/41358-PREPRINT.pdf
- García H. J., García R. L., Jara M. M., Barraza G. R., & Hudson W. A. (July, 2005). Concentrations of heavy metals in sediment and organisms during a harmful algal bloom (HAB) at Kun Kaak Bay, Sonora, Mexico. *Marine Pollution Bulletin*, 50(7), 733-739. doi:<https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2005.02.027>
- García N, E., Carrizales Y, L., Juárez S, L., García G, E., Hernández A, E., Briones C, E. & Vázquez C, O. (2011). Plomo y arsénico en la subcuenca del Alto Atoyac en Tlaxcala, México. *Chapingo, Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 17(1), 7-17. doi: <http://dx.doi.org/10.5154/r.rchscfa.2010.06.040>
- García, R. (2006). *Sistemas complejos. Conceptos, método y fundamentación epistemológica de una investigación interdisciplinaria* (primera ed.), Barcelona: Gedisa.
- Garza, G. (julio de 1986). Las políticas urbano-regionales en México (1915-1985). *Revista de economía política* (10), 209-223.
- Gleason, J. A. (2017). *Una perspectiva científica de la captación de agua de lluvia*. Obtenido de Agua.org.mx: <https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2017/08/Una-perspectiva-cientifica-de-la-captacion-de-lluvia-Arturo-Gleason.pdf>
- Gobierno de la Republica. (08 de 04 de 2014). *Diario Oficial de la Federación*. Obtenido de Programa Nacional Hidrico: http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5339732&fecha=08/04/2014
- González, M. M. (1996). *Medición de los niveles de contaminación del lago de Valsequillo*, Puebla: BUAP.
- González, A. (2009). El control del agua en la cuenca de los ríos Atoyac y Zahuapan por el Estado Mexicano Posrevolucionario. *Anduli, Revista Andaluza de Ciencias Sociales*(8), 169-190. Retrieved Octubre 10, 2016, from http://institucional.us.es/revistas/anduli/8/art_11.pdf
- Greenpeace (2014). *Ríos tóxicos: Lerma y Ayoyac. La historia de negligencia continua*. Recuperado el 17 de Mayo de 2016, de <http://www.greenpeace.org/mexico/Global/mexico/Docs/2014/toxicos/Rios%20t%C3%B3xicos%20Lerma%20y%20Atoyac-WEB.pdf>
- Gutiérrez López, D. (2014). *Determinación de la capacidad de asimilación de contaminantes en la presa Manuel Ávila Camacho*. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Jiutepec: IMTA. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.12013/464>

- Gutiérrez, J., & Maderey, L. (2013). *Los problemas del agua y de las cuencas hidrológicas vinculados a las ciudades. Estudios de caso de las repúblicas de México y Cuba*, México: Grupo de Hidrogeografía del Instituto de Geografía de la UNAM.
- GWP (2000). *Integrated Water Resources Management*. Obtenido de Global Water Partnership: <http://www.gwp.org/globalassets/global/toolbox/publications/background-papers/04-integrated-water-resources-management-2000-english.pdf>
- H. Ayuntamiento de Puebla (2012). *Proyecto del Programa Parcial de Desarrollo Urbano Sustentable de Valsequillo*, Puebla: H. Ayuntamiento de Puebla-IMPLAN.
- _____. (2016). *Programa Municipal de Desarrollo Urbano Sustentable de Puebla*, Puebla: H. Ayuntamiento de Puebla.
- Haesbaert, R. (2011). *El mito de la desterritorialización. Del “fin de los territorios” a la multiterritorialidad*, México: Siglo XXI. Obtenido de ISBN: 978 607 030 308-1
- Hardin, G. (13 de diciembre de 1968). La tragedia de los comunes. *Science*, 162(3859), 1243-1248.
- Heike Langenbach, J. E. (2008, diciembre). <http://switchurbanwater.lboro.ac.uk>. Retrieved from http://switchurbanwater.lboro.ac.uk/outputs/pdfs/GEN_PAP_BH_Session_5b_WSUD.pdf
- Hernández-Rodríguez, María de Lourdes (2002). Aspectos legales del agua en México. *Regiones y Desarrollo Sustentable(II)*, 105-140. Retrieved from http://www.academia.edu/22570561/Aspectos_legales_del_agua_en_M%C3%A9xico_y_su_impacto_en_el_agua_subterr%C3%A1nea
- _____. (2011). "Conflictos por el agua en la microcuenca Atoyac-Zahuapan, en R. Jiménez & M. d. Hernández, *Zahuapan río-región-contaminación*. (primera edición, pp.233-252), San Pedro Apetatlán, Tlaxcala, México: El Colegio de Tlaxcala.
- IMCO. (2014). *Guía para la creación de organismos metropolitanos de agua potable y saneamiento en México*. Ciudad de México: Instituto para la Competitividad y Embajada Británica en México.
- IMTA (2010). *Atlas de vulnerabilidad hídrica en México ante el cambio climático*. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Obtenido de http://ceiba.org.mx/publicaciones/Centro_Documentacion/160600_Atlas.Vulnerab.Hidrica_imta.pdf
- _____. (17 de abril de 2013). *Río Atoyac, tercero más contaminado del país: CONAGUA*. Recuperado el 21 de Noviembre de 2015, de http://www.atl.org.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=6245:rio-atoyac-el-3o-mas-contaminado-del-pais-conagua&catid=114:contaminacion-del-agua&Itemid=576
- _____. (agosto de 2017). *Primer Seminario de Seguridad Hídrica*. Recuperado el 30 de agosto de 2017, de Instituto Mexicano de Tecnología del Agua: <https://www.gob.mx/imta/articulos/1er-seminario-sobre-seguridad-hidrica?idiom=es>
- INEGI (1971). IX Censo General de Población 1970. Obtenido del Instituto Nacional de Estadística y Geografía: <http://www.beta.inegi.org.mx/proyectos/ccpv/1970>

- _____. (1980, 1990, 2000, 2010). Cartas uso de suelo, Aguascalientes; Insituto Nacio de Estadísitca y Geografía.
- _____. (1990) XI Censo de población y vivienda 1990. Obtenido de Instituto Nacional de Estadística y Geografía: <http://www.beta.inegi.org.mx/proyectos/ccpv/1990>.
- _____. (1995,2005,2015) Encuestas Intercensales. Obtenido de Instituto Nacional de Estadística y Geografía:
<http://www.beta.inegi.org.mx/proyectos/enchogares/especiales/intercensal/default.html>.
- _____. (2000). XII Censo de Población y Vivienda, 2000. Obtenido de Instituto Nacional de Estadística y Geografía: <http://www.beta.inegi.org.mx/proyectos/ccpv/2000/default.html>
- _____. (2010) Censo de Población y Vivienda, 2010. Obtenido de Insituto Nacional de Estadística y Geografía: <http://www.beta.inegi.org.mx/proyectos/ccpv/2010/default.html>
- _____. (2016) Cuéntame, inredormación por entidad. Obtenido de Institutio Nacional de Estadística y Geografía:
<http://www.cuentame.inegi.org.mx/monografías/informacion/tlax/poblacion/dinamica.aspx?tema=me&e=29>
- INEGI, SIATL(2013) Simuladorde Flujos de Agua de Cuencas Hidrográfica, 3,2, (INEGI), Recuperado el 9 de octubre de 2014, de http://antares.inegi.org.mx/analisis/red_idro/siatl/#
- Iracheta C., A. (2012). *Metrópolis en crisis*, México: El Colegio Mexiquense A.C.
- ITAM (1995) *La propuesta agraria y agrícola de los generales Álvaro Obregón y Plutarco Elías Calles*. Recuperado el 12 de octubre de 2016 de Estudios filosofía-letras verano 1995: http://biblioteca.itam.mx/estudios/estudio/letras4/texto3/sec_3.html
- Jardines Moreno, J. (2008). *La Infraestructura hidráulica Municipal y la participación en su cración y operación de los Gobiernos Federal y Estala*. México, D.F.: Asociación Nacional de Empresas de Agua y Saneamiento, A.C.
- Kavanaugh, C. (1978). Coagulación para remoción mejorada de precursores de trihalometanos. *Journal AWWA*, 70(11), 613.
- Khun, T. (1962). *La estructura de las revoluciones científicas*, Chicago: University of Chicago.
- La Jornada de Oriente de Tlaxcala. (20 de marzo de 2006). *Tianguis*. Obtenido de <http://www.lajornadadeoriente.com.mx/2006/03/20/tlaxcala/tianguis.html>
- Launay, C. (diciembre de 2005). La gobernanza: Estado, ciudadanía y renovación de lo político. Origen, definición e implicaciones del término en Colombia. *Controversia*(185), 91-105. Obtenido de: <http://bibliotecavirtual.clacso.org.ar/Colombia/cinep/20100925104922/lagobernanzaControversia185.pdf>
- Loera, M. (septiembre de 2006). “Historia y cosmovisión india en el culto católico virreinal (un estudio de caso desde la arquitectura en el Valle de Toluca”. *Dimensión Antropológica*, 38, 151-178. Obtenido de <http://www.dimensionantropologica.inah.gob.mx/?p=440>
- López R, R. (1992). *Problemas Metropolitanos y Desarrollo Nacional*.
- López R., R. (2010). "La megalópolis de la región centro de México: Sistema complejo". en R. Eibenschutz H., *La Zona Metropolitana del Valle de México: los retos de la megalópoli*

(primera ed., pp. 59-90). México, DF.: Universidad Autónoma Metropolitana. Recuperado el 14 de febrero de 2016.

López V.L.V.(1999). *Condiciones para el Desarrollo Sustentable en la ciudad de Puebla*, Puebla: BUAP.

_____(2013a) *Una Aproximación desde la complejidad a la problemática urbano-territorial de la Zona Metropolitana Puebla-Tlaxcala*. Puebla , México; Colegio de Investigaciones y Posgrados A.C.

_____(2013b). *El papel de los asentamientos periféricos en la configuración espacial de la ciudad de Puebla (caso de estudio zona sur)*. Puebla:Colegio de Investigaciones y Posgrados A.C.

_____(2015). "Planeación Urbano-Territorial ante el Cambio Climático en la Zona metropolitana Puebla-Tlaxcala". en G.R. Mascareño, *Turistificación, territorio y ambiente, nuevas tendencias en el desarrollo regional* (pp.251-268). Culiacán, Sinaloa, México: Ediciones del Lirio

López Zamora, R.D. (2013) *Sujetos sociales, conflictos y gestión de los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento en el "espacio socio-natural" de la ciudad de Puebla 1984-2010*. Obtenido de: <http://www.eumed.net/tesis-doctorales/2013/rjlz/acuifero.html>

Mangas R, E., Sánchez M, M., Molina A, H., García F, L. M., G, M., Israel & Zumaquero R, J, L., (2005) *Análisis de las políticas de rehabilitación de presas: el caso de la Presa de Valsequillos en el estado de Puebla*. Obtenido de: <http://www.eumed.net/jirr/1/AMECIDER2006/PARTE%208/248%20Ernesto%20Manga%20Ramírez%20et%20al.pdf>.

Martínez Y, A., Alberto, B. & Calmus, T. (enero de 2012). Disyuntivas: impactos ambientales asociados a la construcción de presas. *Región y sociedad*, 24. Obtenido de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-39252012000600010

McNeely, R., Neimanis, V., & Dwyer, L. (1979). *Water Quality Sourcebook: a guide to water quality parameters*, Ottawa, Canada: Water Quality Branch.

Mendieta y Nuñez, L. (1973). *El problema Agrario en México y la Ley Federal de Reforma*. Texas: Porrúa.

Mensinga, T., Speijers, G. & Meulenbelt, J. (2003). Health Implications of Exposure to Environmental Nitrogenous Compol. *Toxicol*, 22(1), 41-51. Obtenido de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/14579546>

Metcalf, & Eddy. (2003). *Waste Water Treatment Plants*. Obtenido de Scribd.com: <https://es.scribd.com/doc/94483338/Metcalf-Eddy-Waste-Water-Treatment-Plants-4th-2003-Part-4>

Monbet, P. & McKelvie, D. (2013). "Phosphates", en L. Nollé & P. De Gelder, *Handbook of Water Analysis* (pp. 219-252, New-York: CRC PRESS.

Montero, R., Serrano, L., Araujo, A., Dávila, V., Ponce, J., Camacho, R. & Morales, E. M. (1 de septiembre de 2006). Increased cytogenetic damage in a zone in transition from agricultural to industrial use: comprehensive analysis of the micronucleus test in peripheral blood lymphocytes. *Mutagenesis*, 21(5), 335-342. Obtenido de <https://academic.oup.com/mutage/article/21/5/335/1137853/Increased-cytogenetic-damage-in-a-zone-in>

- Morales, A. (2012). La capacidad de carga: Conceptos y Usos. *Recursos Naturales y Ambiente*, no63:4753. Obtenido de: www.researchgate.net/publication/262934709_la_capacidad_de_carga_conceptos_y_usos/
- Morales, S. (2013). *Estudio de los metales contenidos en aire, agua y sedimentos en un área urbano-rural con influencia industrial ubicada en la Zona Metropolitana de Puebla, México*. IPN, CIEMAD, México: Instituto Politécnico Nacional. Obtenido de <http://tesis.ipn.mx/handle/123456789/14221>
- Moreno P, M. (6 de junio de 2016). *La gestión sostenible del agua en México. Una reflexión desde la naturaleza compleja de la sostenibilidad*. Obtenido de ResearchGate: https://www.researchgate.net/publication/268188736_Lagestionsostenible_del_agua_en_Mexico_Una_reflexion_desde_la_naturaleza_compleja_de_la_sostenibilidad
- Morín, E. (1999). *El método III. El conocimiento del conocimiento* (tercera. ed., Vol. 3). Madrid, España: Paidós.
- _____. (2002). *El método II. La vida de la vida* (quinta ed., Vol. 2). Madrid, España: Paidós.
- _____. (2011). *La vía para el futuro de la humanidad*. (primera ed.) Madrid, España: Paidós. Recuperado el de febrero de 2016
- _____. (2012). *¿Qué es la transdisciplinariedad?*. Obtenido de Multiversidad del mundo real, Edgar Morin una visión integradora: <http://edgarmorinmultiversidad.org/index.php/que-es-la-transdisciplinariedad.html>
- Nisbet, M., & Verneaux, J. (1970). Composantes chimiques des eaux courantes. *Annales de limnologie*, 6(2), 161-190. Obtenido de <https://www.limnology-journal.org/articles/limn/pdf/1970/02/limn197062p161.pdf>
- NJEDP Department of Environmental Protection (1998). *Guidance for sediment quality evaluations*. Obtenido de NJEDP: <http://www.state.nj.us/dep/srp>
- Nolasco, M. (1981). *Cuatro ciudades. El proceso de urbanización dependiente*, México: Instituto Nacional de Antropología e Historia.
- OCDE (2013). *Estudio territorial: Puebla-Tlaxcala, México*, México: OCDE. Obtenido de https://books.google.com.mx/books?id=v_phAgAAQBAJ&pg=PT147&lpq=PT147&dq=ocde+2013+problemas+zonas+metropolitanas+de+mexico&source=bl&ots=Qle2GFMStT&sig=Cd_l1NWNchRgiyGlC16Go52wYzw&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjBuvCH7sXWAhVC4WMKHXAAbB5kQ6AEIOTAD#v=onepage&q=ocde%2
- ONU. (1992). *Convención Marco de las Naciones Unidas*. Recuperado el 16 de julio de 2013, de Instituto Nacional de Ecología-Cambio Climático: http://cambio_climatico.ine.gob.mx/descargas/convsp.pdf
- _____. (1997). *Protocolo de Kyoto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. Organización de las Naciones Unidas.
- _____. (2013). *La población mundial crecerá en 1000 millones para la próxima década*. Organización de las Naciones Unidas, Departamento de Asuntos Económicos y Sociales, New York. Obtenido de <http://www.un.org/es/development/desa/news/population/un-report-world-population-projected-to-reach-9-6-billion-by-2050.html>

- _____. (2015). *Podemos erradicar la pobreza. Objetivos de Desarrollo del Milenio y más allá del 2015*. Obtenido de <http://www.un.org/es/millenniumgoals/environ.shtml>
- ONU-HABITAT (2011). *Las ciudades y el cambio climático: Orientaciones para políticas. Informe mundial sobre asentamientos humanos 2011* (primera ed.), Río de Janeiro, Brasil: ONU-HABITAT.
- Ordóñez, J. (2011). *¿Que es una cuenca hidrológica? Cartilla técnica, contribuyendo al desarrollo de una cultura del agua y la gestión integral del recurso hídrico*, (Z. Novoa, Ed.) Obtenido de GWP :
http://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-sam_files/publicaciones/varios/cuenca_hidrologica.pdf
- Ortuste, F. J., & Básicos, B. M. (1998). *Marco legal e institucional del sector de agua potable y saneamiento en México*. Recuperado el 24 de feb. de 2019, de <http://bases.bireme.br/cgi-bin/wxislind.exe/iah/online/?isisscript=iah/iah.xis&base=repidisca&lang=p&nextaction=lnk&exprsearch=45103&indexsearch=id>
- Ostrom, E. (2009). A General Framework for Analyzing Sustainability of Social-Ecological Systems, en *Science* 325(5939), pp.419-422. Obtenido de: <https://science.sciencemag.org/content/325/5939/419>
- Pegram, G., Yuanyuan, L., Le Quesne, T., Speed, R., Jianqiang L. & Fuxin, S. (2013). *River Basin Planning*. Obtenido de UNESCO.ORG: <http://unesdoc.unesco.org/images/0022/002208/220866e.pdf>
- Pereira, R. (2010). “Ecología política y Gobernanza Ambiental”, en UNAL, *Gobernanza del sistema tierra: viejas respuestas y nuevos interrogantes* (pp. 491-501), Bogotá, Colombia: Universidad Nacional de Colombia. Obtenido de Bblioteca digital de la Universidad Nacional de Colombia: www.bdigital.unal.edu.co/9890/72/9789587610611.capitulo11.pdf
- Preciat, E. & Vidrio, M. (2010). “Centralidades megametropolitanas. El papel de los equipamientos regionales”, en R. Eibenschutz, *La Zona Metropolitana del Valle de México: Los retos de la megalópolis* (pp. 155-194), México: UAM-X.
- Prieto, G. F., Acevedo, S. O., Pérez, M. F., Prieto, M. J. & Canales, F. R., (2016). Arsenic contamination of groundwater at Zimapán, México. *Desalination and water treatment*, 57(28), 13038-13047. Obtenido de <http://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/19443994.2015.1055307>
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (1997). *La gouvernance en faveur du développement humain durable*. Obtenido de [http:// magnet.undp.org/Docs/!UN98-21.PDF/Govfre.htm](http://magnet.undp.org/Docs/!UN98-21.PDF/Govfre.htm)
- PRTR-España (2007). *NH3, (Amoníaco)*. Obtenido de Ministerio de Agricultura y pesca, Alimentación y medio ambiente: <http://www.prtr-es.es/NH3-amoniaco,15593,11,2007.html>
- Ramírez, V. B. (2010). “¿De vuelta a la megalópolis y a a región centro?”, en R. Eibenschutz, *La Zona Metropolitana del Valle de México: los retos de la megalópolis* (pp. 23-58), México: UAM-X.
- Ramos, F., Quiroz, A. D., Ramírez, J. & Lot, A. (2004). *Manual de hidrobotánica, muestreo y análisis de la vegetación acuática*, México: AGT.

- Ramos, Gutiérrez. L., & Montenegro-Fragoso, M. (abril-junio de 2012). Las centrales hidroeléctricas en México: Pasado, Presente y Futuro. *Tecnología y Ciencias del Agua*, III(2), 103-121. Obtenido de <http://www.scielo.org.mx/pdf/tca/v3n2/v3n2a7.pdf>.
- Rodríguez, E. P., Morales, G. S., Jonhatan, M., Navarrete, L. M., Bernal, C. C., González, C. & Muñoz, S. S. (2012). *Servicio ambiental para las cuencas de los ríos Atoyac-Zahuapan y Alseseca, Puebla, Tlaxcala, México*. México: CIIEMAD-IPN.
- Rodríguez Espinoza, P. F., Martínez, E., Morales, S., Venkata, S. & Milan, S. (2014). Resultados de los Estudios Geoambientales en la Cuenca del Alto Atoyac, Tlaxcala, Puebla. *2º Coloquio en celebración del día Mundial del Medio Ambiente* (pp. 1-83), México: Instituto Politécnico Nacional. Recuperado el 12 de Marzo de 2016, de [www.ciiemad.ipn](http://www.ciiemad.ipn.mx)
- SAGARPA. (4 de junio de 2015). Antecedentes Históricos de la SAGARPA. (G.D. Secretaría de Agricultura, editor. Recuperado el 11 de octubre de 2016 de: <http://www.sagarpa.gob.mx/quienesomos/introduccion/Paginas/default.aspx>
- Salazar Exaire, C. (mayo de 2010). La administración del agua en un centro urbano colonial: La ciudad de Puebla en el siglo XVII. *Agricultura, Sociedad y Territorio*, 7(2), 155-168. Retrieved from http://www.redalyc.org/pdf/3605/Resumenes/Resumen_360533085003_1.pdf
- Saldaña, P. & Gómez, M. A. (2006). Caracterización de fuentes puntuales de contaminación en el río Atoyac. *Memorias XXX Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental* (pp. 1-7), Punta del Este, Uruguay: Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. Obtenido de [file:///C:/Users/Varinia/Documents/AGUA/CONTAMINACION%20CCA/MX08163_Salda na_Fabela.pdf](file:///C:/Users/Varinia/Documents/AGUA/CONTAMINACION%20CCA/MX08163_Salda%20na_Fabela.pdf)
- Saldaña, P., Lerdo de Tejada, A., Gómez, M. & López, R. (2002). La importancia de incluir análisis de toxicidad en descargas industriales y municipales que afectan a los cuerpos receptores. *Congreso Nacional de Ingeniería Sanitaria y Ciencias Ambientales*, (pp. 17-20), Guanajuato. Obtenido de <http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/mexico13/068.pdf>
- Salomón, A., Pérez Rodríguez, R. & García, Z. O. (2003). Coliform bacterial pollution in Atlangatepec reservoir, Tlaxcala. *Sociedad Mexicana de Historia Natural*, 125-134. Obtenido de: <http://repositorio.fciencias.unam.mx:8080/jspui/bitstream/11154/143194/1/1V3EContaminacionBacterias.pdf>
- Sánchez, M. (2003). La primera transferencia: gestión y administración federal del agua en México. En P. Ávila García, *Agua, medio ambiente y desarrollo en el siglo XXI: México desde una perspectiva global y regional* (págs. 303-320). Zamora, Michoacan, México: El Colegio de Michoacan. Obtenido de <http://repositorio.imta.mx/handle/20.500.12013/1624>
- Sánchez, M. (2003). La primera transferencia: gestión y administración federal del agua en México. En P. Ávila García, *Agua, medio ambiente y desarrollo en el siglo XXI: México desde una perspectiva global y regional* (pp. 303-320). Zamora, Michoacan, México: El Colegio de Michoacan. Retrieved from <http://repositorio.imta.mx/handle/20.500.12013/1624>
- Sánchez, M. B. (2003). *Los proyectos para el desarrollo urbano de la zona conurbada Puebla-Tlaxcala: características y límites para su realización*. Obtenido de Eumed.net:

[http://www.eumed.net/jirr/1/AMECIDER2006/PARTE%205/111%20Bertoldo%20L%20S
anchez%20Mu%20f1oz.pdf](http://www.eumed.net/jirr/1/AMECIDER2006/PARTE%205/111%20Bertoldo%20L%20Sanchez%20Mu%20f1oz.pdf)

- Sandoval, V. A. M., Pulido, F. G., Monks, S., Gordillo, M. A. & Villegas, V. E. (Diciembre de 2009). Evaluación fisicoquímica, microbiología y toxicológica de la degradación del río Atoyac, México. *Interciencia*, 34(12), 880-887. Obtenido de http://scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442009001200009
- Sanz, D. (21 de marzo de 2012). *6ª Edición del Foro Mundial del Agua*. Obtenido de: Instituto Español de Estudios Estratégicos: http://www.ieee.es/Galerias/fichero/docs_informativos/2012/DIEEEI15-2012_ForoMUndialAgua_DPero-Sanz.pdf. Sawner, C., & Mac, C. (1967). *Chemistry for sanitary engineers*. New York: McGraw- Hill.
- SCT (9 de diciembre de 2015). *Semblanza de la DGCC*. (SCT, editor). Recuperado el 14 de octubre de 2016 de Secretaría de Comunicaciones y Transportes: <http://www.sct.gob.mx/carreteras/direccion-general-de-conservacion-de-carreteras/antecedentes/>
- Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. (03 de 02 de 1983). *Diario Oficial de la Federación*. Obtenido de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/110378/16_ENERO_1989_DECRETO_DE_CREACI_N_CNA_COMO_ORGANO_ADMINISTRATIVO_DESCONCENTRADO_DE_SARH.pdf
- Secretaría de Economía (2011). *Norma mexicana: NMX-AA-154-SCFI-2011, Análisis de agua, determinación de nitrógeno de nitritos en aguas naturales, residuales, residuales tratadas y marinas, Método de prueba*. Obtenido de Secretaría de Gobernación: <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/166831/NMX-AA-154-SCFI-2011.pdf>
- _____(SCFI) (2012). *Norma: NMX-AA-030/1-SCFI-2012, Análisis de agua-medición de la demanda química de oxígeno en aguas naturales, residuales y residuales tratadas.-método de prueba-parte 1-método de refluo abierto- (Cancela a la nmx-aa-030-scfi-2001)*, México: SEGOB. Obtenido de <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/166774/NMX-AA-030-1-SCFI-2012.pdf>
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (31 de enero de 1992). *Conferencia Internacional sobre el Agua y el Medio Ambiente: El Desarrollo en la Perspectiva del siglo XXI*. Obtenido de SEMARNAT: http://www.cimacnoticias.com.mx/documentos/cambio_climatico/conf_inter_sobre_agua_y_medio_ambiente.pdf
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales del Estado de Puebla. (2012). *Estrategia de cambio climático para el Estado de Puebla*. Puebla: Gobierno del Estado de Puebla.
- Secretaría de Sustentabilidad Ambiental y Ordenamiento Territorial, SSAOT (2011b). *Regeneración de la Cuenca del Río Atoyac*. SSAOT, Taller 13. Puebla: SSAOT. Obtenido de https://issuu.com/taller13/docs/libro_atoyac__baja__
- Sede para el Estudio de los Humedales Mediterráneos (2000). *II Foro Mundial sobre el Agua. Econoticias*, IV(13), 3-5. Obtenido de <http://sehumed.uv.es/revista/numero13/SEHUMED13.PDF>

- SEDESOL-CONAPO-INEGI (2010). *Delimitación de las Zonas Metropolitanas de México*. Obtenido de http://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/112786/1_DZM_2010_PAG_1-34.pdf
- SEGOB. (13 de diciembre de 1989). Acuerdo por el que se establecen los criterios ecológicos de calidad del agua CE-CCA-001/89. *Diario Oficial de la Federación*. Ciudad de México. Obtenido de http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4837548&fecha=13/12/1989
- _____. (23 de diciembre de 1999). *Decreto por el que se declara reformado y adicionado el artículo 115 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos*. Obtenido de *Diario Oficial de la Federación*: http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4958409&fecha=23/12/1999&print=true
- _____. (14 de agosto de 2001). *Decreto por el que se aprueba el diverso por el que se adicionan un segundo y tercer párrafos al artículo 1º, se reforma el artículo 2º, se deroga el párrafo primero del artículo 4º, y se adicionan un sexto párrafo al artículo 18, y un último párrafo..* Obtenido de *Diario Oficial de la Federación*: http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=762221&fecha=14/08/2001
- _____. (29 de abril de 2004). *Decreto por el que se reforman, adicionan y derogan diversas disposiciones de la Ley de Aguas Nacionales*. Obtenido de *Diario Oficial de la Federación*: <http://dof.gob.mx/index.php?year=2004&month=04&day=29>
- _____. (7 de diciembre de 2007). *Secretaría de Gobernación*. Obtenido de Disponibilidad Media Anual de las Aguas Superficiales de la Cuenca del Alto Atoyac: http://www.diariooficial.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5009535&fecha=07/12/2007
- _____. (2011) *Declaratoria de vigencia de las normas mexicanas NMX-AA-026-SCFI-2010, NMX-AA-087-SCFI-2010 y NMX-AA-089/1-SCFI-2010*. Secretaría de Gobernación, Secretaría de Economía. México: *Diario Oficial de la Federación* del 3 de Marzo de 2011. Obtenido de http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5180120&fecha=03/03/2011
- _____. (8 de febrero de 2012). *Decreto por el que se Declara reformado el párrafo quinto y se adiciona un párrafo sexto recorriéndose en su orden los subsecuentes al artículo 4º. de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos*. Obtenido de *Diario Oficial de la Federación*: http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5232952&fecha=08/02/2012
- _____. (2014). *Acuerdo por el que se dan a conocer los estudios técnicos de las aguas nacionales subterráneas del Acuífero Alto Atoyac, clave 2901, en el estado de Tlaxcala, Región Hidrológico Administrativa Balsas*. Comisión Nacional del Agua, México D.F. Obtenido de http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5347809&fecha=10/06/2014
- _____. (8 de abril de 2014). *Diario Oficial de la Federación*. Obtenido de Programa Nacional Hídrico 2014-2018: http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5339732&fecha=08/04/2014
- _____. (27 de marzo de 2015). *Norma Oficial Mexicana NOM-011-CONAGUA-2015, conservación del recurso agua, que establece las especificaciones y el método para determinar la disponibilidad media anual de las aguas nacionales*. Obtenido de Secretaría de Gobernación: http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5387027&fecha=27/03/2015
- _____. (2016). *Acuerdo por el que se da a conocer el resultado de los estudios técnicos de aguas nacionales subterráneas del acuífero Valle de Puebla, clave 2104, en el Estado de*

Puebla, Región Hidrológico-Administrativa Balsas. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Comisión Nacional del Agua. México: Diario Oficial de la Federación. Obtenido de http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5424749&fecha=09/02/2016

_____. (24 de marzo de 2016). *Ley de Aguas Nacionales, ultima reforma Diario Oficial de la Federación*. Obtenido de Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión:

http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/16_240316.pdf

_____. (9 de Febrero de 2016). *Secretaría de Gobernación*. Obtenido de Acuerdo por el que se da a conocer el resultado de los estudios técnicos de aguas nacionales subterráneas del acuífero Valle de Puebla, clave 2104, en el Estado de Puebla, Región Hidrológico-Administrativa Balsas.:

http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5424749&fecha=09/02/2016

_____. (2017). *Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos*. Obtenido de Secretaria de Gobernación: <http://www.ordenjuridico.gob.mx/constitucion.php>

SEMARNAT. (17 de 04 de 2000). *Diario Oficial de la Federación*. Obtenido de http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5387027&fecha=27/03/2015

_____. (02 de 2008). *CONAGUA*. Obtenido de Programa Nacional Hidrico: http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Contenido/Documentos/PNH_05-08.pdf

_____. (2010). *Agua (monitoreo de la calidad del agua)*. Obtenido de Semarnat: http://apps1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe_12/pdf/cap6_agua-´df

_____. (2012). *Cambio climático, una reflexión desde México* (primera ed.), México, DF: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales

_____. (27 de 03 de 2015). *Diario Oficial de la Federación*. Obtenido de http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5387027&fecha=27/03/2015

.SEMARNAT-CONAGUA (2007). *Estudio de la Clasificación del río Atoyac, Puebla-Tlaxcala*. México: Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales- Comisión Nacional del Agua.

SEP (23 de septiembre de 2013). *Historia de la SEP*. Recuperado el 13 de octubre de 2016, de Secretaria de Educación Pública: http://www.sep.gob.mx/wb/sep1/sep1_Historia_de_la_SEP#.WTwbU8aZLIU

Soto, M., Herrera, G. & García, A. (2007). Evolución de la banca de desarrollo rural en México y su justificación teórica. *Revista Académica de Economía*(89). Recuperado el 14 de octubre de 2016, de <http://www.eumed.net/cursecon/ecolat/mx/index.htm>

Sousa, B. (2007). “Más allá de la gobernanza neoliberal: el Foro Social Mundial como legalidad y política cosmopolitas subalternas”, en B. Sousa & C. Rodríguez G, *El derecho y la globalización desde abajo* (pp. 30-56), Barcelona: UAM, Anthropos.

Spellman, C. (2003). *Re-envisioning landscape*, Barcelona, España: Actar.

Spellman, F. & J, D. (1999). *The drinking water handbook*, New York: CRC.

SRH (1979). *Calidad del agua en la presa de Valsequillo*, México: Secretaría de Recursos Hidráulicos.

- SSAOT. (15 de Noviembre de 2011). SSAOT. Obtenido de www.ceigep.puebla.gob.mx/cclimatico/sitio/?q=estrategia_mitigacion
- STPS. (2016). Recuperado el 17 de NOVIEMBRE de 2016, de http://www.conampros.gob.mx/historiasint_05html
- Tello, E., Martínez, T., Sandré, I. & Xelhuanzi, A. (mayo-agosto de 2010). Reconstrucción histórica de la intervención del Estado en el control oficial para el uso y manejo del agua en San Miguel Xoxhitecatitla. *Ra Ximhai*, 6(2), 169-185. Recuperado el 22 de Septiembre de 2016, de: <http://www.redalyc.org/pdf/461/46115146002.pdf>
- Terán, J. (1996). *El desarrollo de la fisonomía urbana del centro histórico de la ciudad de Puebla (1531-1994)*, Puebla: Universidad Popular Autónoma de Puebla.
- Toló, J. (2014). *Al salir del túnel, un nuevo sistema, una nueva economía, una nueva sociedad para el siglo XXI*. (C. Commons, ed.). Obtenido de <https://books.google.com.mx/books?id=MLGgBQAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>
- Torres, G. (2012). El ejido posrevolucionario: de forma de tenencia sui generis a forma de tenencia ad doc. *Península*, 7(2). Recuperado el 14 de octubre de 2016, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-57662012000200004
- Trautmann, W. (1981). *Las transformaciones en el paisaje cultural de Tlaxcala durante la época colonial. Una contribución a la historia de México bajo especial consideración de aspectos geográfico-económicos y sociales* (vols. 1 y 2), Puebla, México: El Proyecto México de la Fundación Alemana para la Investigación Científica.
- Tudela, F. (1991). El laberinto de la complejidad. Hacia un enfoque sistémico del medio ambiente y la gestión de los servicios urbanos en América latina. En F. Tudela, *Servicios urbanos gestión local y medio ambiente* (págs. 41-56). México: Colegio de México.
- _____. (1996). “Hacia una cultura de la sustentabilidad urbana”, en E. Neira & C. Novaes, *Segundo Foro del Ajusco. El Desarrollo Sustentable y las Metrópolis Lationamericanas* (pp. 145-153), México: El Colegio de México.
- UNAM (2012), Boletín UNAM-DGCS-507 Ciudad Universitaria. 18 de agosto de 2012 http://www.dgcs.unam.mx/boletin/bdboletin/2012_507.html
- UNECE (1993). *Standard statistical classification of surface freshwater quality for the maintenance of aquatic life in: Readings in international environment statistics*. Obtenido de United Nations, Economic Commission for Europe: https://unstats.un.org/unsd/envaccounting/ceea/archive/Framework/classification_in_environment.pdf
- UNESCO (2015). *Agua para un mundo sostenible, datos y cifras*. Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. Obtenido de http://www.unesco.org/fileadmin/MULTIMEDIA/HQ/SC/images/WWDR2015Facts_Figures_SPA_web.pdf
- USGS (2 de diciembre de 2016). El ciclo del Agua. ¿Qué es el ciclo del agua? Obtenido de <https://water.usgs.gov/edu/watercyclespanish.html>

- Valdés, F. (enero de 2008). Gobernanza e instituciones. Propuesta para una agenda de investigación, *Perfiles Latinoamericanos*, 16(31), 95-119. Obtenido de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-76532008000100005
- Vásquez, A. (5 de julio de 2015). “Anega presa pueblo de Tlaxcala”, *El Norte*. Obtenido de <http://www.elnorte.com/aplicacioneslibre/articulo/default.aspx?id=585124&md5=235f6de8932aaf1deea6032af7e64f98&ta=0dfdbac11765226904c16cb9ad1b2efe&lcmd5=f5895d42c86c3e3d070abedf5109b5d0>
- Velasco, P. (2014). *Antropología Socio ambiental. Ecología política, sujetos rurales, y transformación del río Atoyac en el municipio de Nativitas, Puebla*. Universidad Nacional Autónoma de México, tesis de doctorado en Antropología, Facultad de Filosofía y Letras/Instituto de Investigaciones Antropológicas. México: UNAM. Recuperado el 25 de octubre de 2016, de <http://132.248.9.195/ptd2014/febrero/509004385/509004385.pdf>
- Vélez P. F. (2003). “La conurbación de la región centro del país”, en A. Grajales & C. Welti, *Estructura y dinámica demográfica de la zona conurbada Puebla-Tlaxcala, una visión comparativa 1970-2000* (pp. 5-15). Puebla: ICSyH-BUAP.
- Villalobos, R., Flores M, A. R. & Gómez A, S. (2011). “Detección de mezclas complejas de sustancias con efectos genotóxicos en el sistema hidrológico Atoyac-Zahuapan (SH-AZ) Tlaxcala”, en R. Jiménez G. & M. d. Hernández Rodríguez, *Zahuapan, Río-Región-Contaminación* (pp. 23-31), San Pablo Apetatitlán: El Colegio de Tlaxcala, A.C.
- Water Boards (29 de octubre de 2013). *Programa regulatorio agrícola, recursos para agricultores, Nitrato en el agua potable*. Obtenido de Water Boards, CA: https://www.waterboards.ca.gov/rwqcb3/water_issues/programs/ag_waivers/docs/spanish_forms/nitratos_en_el_agua.pdf
- Wionczek, M. (abril de 1982). La aportación de la política hidráulica entre 1925 y 1970 a la actual crisis agrícola mexicana. *Comercio Exterior*, 32(4), 394- 409. Recuperado el 13 de octubre de 2016, de <http://revistas.bancomext.gob.mx/rce/magazines/658/5/RCE5.pdf>
- Wobeser, G. v. (1993). El agua como factor de conflicto en el agro novohispano 1650-1821. *Estudios de historia Novohispana*(13). Obtenido de <http://www.ejournal.unam.mx/ehn/ehn13/EHN01307.pdf>
- Wolfe D.Mikael (2013). The Historical Dynamics of Mexico’s Groundwater Crisis in La Laguna Knowledge, Resources, and Profit, 1930s–1960s. *Mexican Studies/Estudios Mexicanos*, Vol. 29 No. 1, Winter 2013; (pp. 3-35) DOI: 10.1525/msem.2013.29.1.3
- World Bank (1992). *Governance and development*. Obtenido de World Bank : <http://documents.worldbank.org/curated/en/604951468739447676/Governance-and-development>
- Zerón M. (s/f). *La Puebla de los Angeles en el siglo XVII*, tesis, Puebla. Recuperado el 12 de Septiembre de 2016, de http://132.248.9.195/pdbis/259963/259963_04.pdf