



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO

FACULTAD DE PLANEACIÓN URBANA Y REGIONAL



EFFECTOS DEL AGUA RESIDUAL Y PROPUESTAS PARA EL DESARROLLO LOCAL  
SOSTENIBLE: CASO LA CUENCA ARROYO EL MUERTO, OCOYOACAC, MÉXICO.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
LICENCIADO EN PLANEACIÓN TERRITORIAL

P R E S E N T A:

FREDY TENORIO JUÁREZ

DIRECTORES DE TESIS

M. EN D.M. ELIZABETH DÍAZ CUENCA

DR. EN C.A. ALEJANDRO RAFAEL ALVÁRADO GRANADOS

TOLUCA DE LERDO, ESTADO DE MÉXICO; FEBRERO, 2014.

## INDICE

	Página
A. Introducción	6
<u>Capítulo I. El agua residual como limitante del Desarrollo Local</u>	9
1. El agua un problema local, una visión global .	10
1.1. El manejo del agua y el Desarrollo Local.	15
1.2. Desarrollo local sostenible: Principios y definición.	18
1.2.1. Principios del desarrollo local sostenible.	20
1.3. El desarrollo local sostenible como vía para el manejo de los recursos naturales; el agua.	22
1.3.1. La participación de los actores locales en el uso y manejo de los recursos naturales.	26
1.3.2. Experiencias en el manejo de los recursos naturales para el Desarrollo Local Sostenible, comunidad indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro.	28
2. Procesos del agua y efectos del agua residual.	31
2.1. Proceso de manejo del agua.	31
2.1.1. Apropiación del agua.	32
2.1.2. Distribución y uso del agua.	32
2.1.3. Descarga y disposición final del agua.	34
2.2. Efectos del agua residual en el medio ambiente.	36
3. Metodología para la valoración de los efectos del agua residual.	41
3.1. La planeación territorial como herramienta metodológica general de investigación.	41
3.2. Indicadores para la valoración de los efectos de las aguas residuales en el desarrollo local sostenible.	44

<u>Capítulo II. Situación del agua residual en México</u>	48
1. Contexto hidrológico de México.	48
1.1. México y el tratamiento de las aguas residuales.	52
1.2. Planes, programas y proyectos para el manejo de aguas residuales.	55
2. Marco legal en materia de planeación territorial y uso y gestión en el manejo de aguas residuales.	59
2.1. Marco legal en materia de uso y manejo del agua.	60
2.1.2. Legislación federal.	60
2.1.3. Legislación en el estado de México.	62
2.2. Marco legal en materia de planeación territorial.	64
2.2.1. Normatividad en materia de administración y planeación territorial Federal.	65
2.2.2. Normatividad en materia de administración y planeación territorial estatal.	67
<u>Capítulo III. Diagnóstico de la cuenca arroyo El Muerto</u>	70
1. Descripción físico – geográfica de la cuenca arroyo El Muerto	70
1.1. Localización	70
1.2. Hidrología, precipitación y clima	73
1.3. Usos de suelo en la cuenca arroyo El Muerto	75
1.4. Características socio – económicas y demográficas	79
2. Problemática: contaminación de los cuerpos de agua por descarga de aguas residuales	81

<u>Capítulo IV. Efectos del agua residual en la cuenca arroyo El Muerto y propuestas para</u>		
	<u>su manejo entorno al desarrollo local sostenible.</u>	84
1.	Aspectos metodológicos sobre los efectos de las aguas residuales	84
2.	Efectos de las aguas residuales según subsistema.	88
2.1.	Efectos en el subsistema económico.	88
2.1.1.	Costo por limpieza de cuerpos de agua.	88
2.1.2.	Amenaza del desarrollo de las actividades económicas	90
2.2.	Efectos en el subsistema biofísico.	92
2.2.1.	Deterioro del paisaje natural.	93
2.2.2.	Resiliencia de los ecosistemas.	100
2.2.3.	Calidad del agua	101
3.	Efectos en el sistema social	103
3.1.	Daños a la salud.	103
3.1.2.	Conflictos sociales.	104
4.	Prospectiva del comportamiento de las aguas residuales en el contexto de la cuenca arroyo El Muerto.	105
4.1.	Proyecciones de población.	105
4.2.	Escenario del subsistema biofísico.	108
4.3.	Escenario de los efectos económicos.	111
5.	Propuestas para el uso y manejo de las aguas residuales en la cuenca arroyo El Muerto.	113
5.1.	Planeación del territorio para un desarrollo integral y sostenible de la CAM: disminución de la contaminación de cuerpos de agua por aguas residuales.	115

5.2.	Orientación de las instancias y dependencias municipales y locales al desarrollo turístico sostenible a través del cuidado del agua y el manejo de los recursos sólidos	121
5.3.	Capacitación a jóvenes y autoridades locales para el manejo y administración de recursos naturales.	123
B.	Conclusiones.	126
C.	Bibliografía.	130
	Anexos.	137

## Introducción

---

Las estrategias neoliberales de los últimos gobiernos, se han enfocado fundamentalmente hacia la expansión de las exportaciones, el crecimiento de los sectores industriales, comerciales y de inversión de capital y de otras variables macroeconómicas, cuyo fin principal es la racionalidad del beneficio económico, y en ocasiones dejando un impacto adverso a la naturaleza. Esto muestra una crisis socio ambiental que se expresa en la escasa relación que hay entre los sistemas socioeconómicos y políticos con los naturales.

Estos desequilibrios entre los diferentes sistemas disciplinarios se expresan en diversos problemas, uno de ellos es el déficit hídrico que se vive en algunos territorios del país, debido entre otros: a la debilidad de los planes de ordenamiento territorial al permitir el establecimiento de industrias y asentamientos humanos de manera anárquica, incluso en zonas de gran importancia ecológica, atendiendo a costos económicos y no a los ambientales; a la corrupción y el desinterés por aplicar la normatividad sobre manejo de agua, la cual es compleja y diversa; al desmesurado crecimiento de la población; a la distribución irregular del agua; y finalmente a la falta de cultura por el reúso y tratamiento de las aguas residuales.

Con respecto, al tratamiento del agua residual, además de ser un medio por el cual se puede contribuir de manera importante a la disponibilidad de agua, por su reúso, es sobre todo el conducto para evitar los efectos negativos de su contaminación a los diversos sistemas biofísico, social y económico que entorpecen el desarrollo del territorio en donde se localiza; los efectos son diversos, como por ejemplo daños a la flora y fauna acuática, deterioro del ingreso de la comunidad, conformación de conflictos sociales, entre otros, es decir, se trata de un problema complejo.

Esta investigación aborda el tema de los efectos del agua residual y las estrategias de manejo en una micro cuenca denominada El Muerto en Ocoyoacac, México, como respuesta a una problemática estudiada previamente por investigadores de la Universidad Autónoma del Estado de México. De tal manera que esta investigación

forma parte del proyecto de investigación titulado: Programa de manejo sustentable del agua residual Cuenca Arroyo El Muerto, en Ocoyoacac, Capulhuac y Tianguistenco, Estado de México del cuerpo académico: Desarrollo Ambiental y Procesos de Configuración Territorial, en la línea de Recursos Naturales para la Actividad Económica Regional y Transformaciones Territoriales con clave de registro: UAEM-CA-152, por lo que, parte de la información presentada en esta investigación surge del desarrollo de dicho proyecto.

El trabajo tomo como base los principios del enfoque teórico del Desarrollo Local Sostenible, uno de ellos es la participación activa de los agentes locales como protagonistas directos y quienes pueden ejecutar las propuestas; es la manera como se cristalizan los deseos del desarrollo sustentable. Otro concepto base es la visión sistemática, se parte de que el tema es complejo y el abordarlo de manera multidisciplinaria permite ofrecer una respuesta más completa. También se adoptó el método de la planeación cuyas fases que se consideran son: diagnóstico, prospectiva y definición de. Cabe destacar, que dada la naturaleza local de la investigación, las técnicas principales de acopio de información fueron la observación y la interacción o participación de los agentes locales.

En este sentido, la investigación se planteó como objetivo identificar los efectos del agua residual de la cuenca El Muerto, Ocoyoacac para formular propuestas de uso y manejo del agua entorno al Desarrollo Local Sostenible. Con el propósito de dar respuesta a este objetivo el trabajo se dividió en cuatro capítulos, descritos brevemente a continuación.

El primero, se plantea la importancia de la explotación racional, la conservación, preservación y cuidado de los recursos naturales en el desarrollo local, dando así paso al concepto de Desarrollo Local Sostenible, describiendo sus principios y características. Se destaca la necesidad de observar al agua como un problema local con una visión global y se observan los procesos y efectos del agua residual en el territorio. También, se presenta la metodología que integra las variables y los indicadores usados en esta investigación destacando a la planeación territorial como herramienta metodológica general de investigación.

En el capítulo dos de esta investigación concentra su atención en el contexto hidrológico de México; se enuncian los planes, programas y proyectos para el manejo de aguas residuales en México, en el que se incluyen reglamentos a nivel federal, estatal y municipal. En este apartado se resalta la necesidad de argumentar con bases jurídicas la gestión de proyectos encaminados a promover el ordenamiento territorial y el tratamiento de aguas residuales.

La tercera parte está constituido por un análisis de la zona de estudio, en este capítulo se incluye el diagnóstico, el cual contiene la descripción socioeconómica y físico - geográfica de la cuenca arroyo el Muerto, se identifican los principales focos y las formas de contaminación que contribuyen a la generación de estrategias.

Finalmente, en el capítulo cuarto se muestran los resultados obtenidos en la evaluación metodológica de la magnitud de los efectos residuales en el desarrollo local, también se elaboró la prospectiva de nuestra zona de estudio, a través de la construcción de proyecciones y escenarios que proporcionan tendencias en los diversos subsistemas estudiados, estas tendencias permitieron priorizan sectores de atención. Finalmente, se formulan las propuestas y estrategias para el uso y manejo del agua residual en la cuenca arroyo El Muerto.



## Capítulo I El agua residual como limitante del desarrollo.

---

El desarrollo es un proceso complejo y dinámico que permite la estructuración de nuevas formas de organización social, que incorpora variables socio – culturales, político – administrativas, económico – productivas y territoriales; esta situación puede describirse y/o alcanzarse a través de la siguiente ecuación: suficiencia y disponibilidad + aprovechamiento y explotación racional de recursos naturales. Hasta ahora el desarrollo es una variable dependiente que está condicionada por la existencia de materias primas, la capacidad de extracción y uso equitativo de estas determina el nivel de progreso alcanzado. En este caso, el agua, un regalo de la naturaleza que permite la existencia de seres vivos y la proliferación de actividades que dan paso a la generación de bienes y servicios para las sociedades enfrenta un doble problema: el sobre aprovechamiento y el mal manejo del líquido contaminado en distintas escalas territoriales.

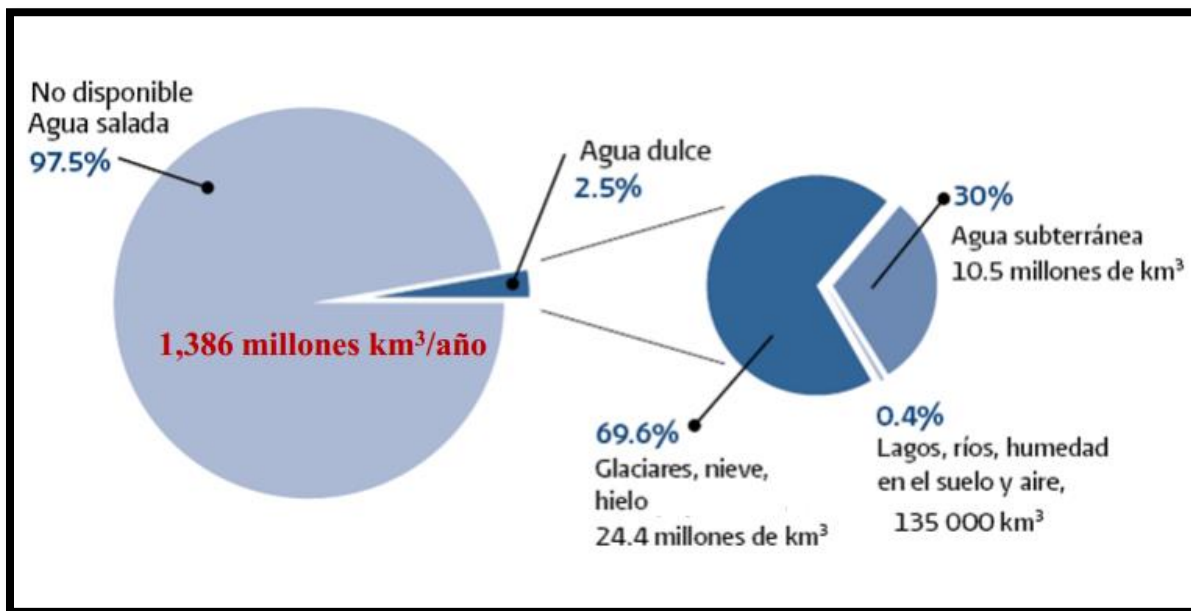
El ámbito local es el espacio adecuado para conocer las características particulares de la situación de los recursos naturales, así como el ámbito para diseñar estrategias de aprovechamiento, restauración y/o conservación para el beneficio de las sociedades y sus necesidades. De ahí que en este capítulo se aborda el concepto de Desarrollo Local Sostenible, sus principios y características como instrumento teórico para estudiar el efecto del agua residual sobre el mismo. Se destaca el papel potencial que tienen los actores locales en el manejo de los recursos naturales ya que la manera en que se lleva a cabo la extracción y el uso de estos determina el impacto en el territorio y por consiguiente en su desarrollo.

Finalmente se expone la metodología para valorar los efectos del agua residual en el territorio, que afectan al desarrollo local.

## 1. El agua un problema global, una visión local.

El agua es uno de los recursos naturales fundamentales para la existencia de la humanidad, desafortunadamente el interés de las sociedades por la calidad del agua ha tenido un lento desarrollo. De acuerdo con datos de la Organización de las Naciones Unidas (ONU), el agua es uno de los compuestos más abundantes de la naturaleza y cubre aproximadamente las tres cuartas partes de la superficie de la tierra. Sin embargo, diversos factores limitan la disponibilidad de agua para uso humano. Más del 97.5% del agua total del planeta se encuentra en los océanos y otras masas salinas, y no están disponibles para casi ningún propósito. Del 2.5% restante, el 69.6% se encuentra en estado sólido, hielo, resultando prácticamente inaccesible y el 30.4% restante se localiza en cuerpos de agua superficiales y aguas subterráneas. Por tanto del total de agua en el planeta tierra, para el hombre y sus actividades domésticas, industriales y agrícolas, sólo resta un 0,42 % (ONU, 2010).

### Esquema I. Disponibilidad de agua a nivel mundial.



Fuente: ONU 2010, Estadísticas de agua a nivel mundial

Se estima que el total de agua dulce que se consume al año es de 80,400 Km³, según la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO, 2009) por sus siglas en inglés, el 70% del agua dulce extraída se usa para el riego de

los cultivos agrícolas, la demanda de alimentos y el consumo de agua potable crecen en la misma medida que la población, “...La población mundial aumentará en más de un tercio entre 2009 y 2050 alcanzado un aproximado de 9100 millones de habitantes” (ONU, 2010:12) los pésimos sistemas de drenaje y la escasez de tratamiento de aguas residuales advierten la generación de problemas futuros para el hombre y su seguridad alimentaria, la disponibilidad de agua dulce es un es una cuestión cada vez más preocupante; alrededor de mil millones de personas no cuentan con cantidades necesarias de agua potable para desarrollar labores cotidianas, mientras que más de 2,600 millones carecen de saneamiento en la disposición final del líquido, así lo muestran datos de la Organización Mundial de la Salud y el Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (OMS y UNICEF, 2010).

Bokova, 2010 afirma que más de 2,500 millones de seres humanos carecen hoy de sistemas sanitarios adecuados y que aproximadamente 884 millones de personas, no tienen acceso al agua potable, así mismo según las estadísticas generadas por la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, (UNESCO, 2010) un total de 1.5 millones de niños menores de cinco años mueren anualmente a causa de enfermedades transmitidas por el agua, por lo que las políticas y acciones del de gobierno deben estar encaminadas al saneamiento y correcta disposición de las aguas residuales.

Existe una inequidad en el uso del agua entre los países del mundo. Los 10 países con mayor consumo de agua son India, China, EEUU, Pakistán, Tailandia, Indonesia, Bangladesh, México y Rusia. En México existe una disponibilidad natural media de agua de 474, 637 hm<sup>3</sup>. al año, que lo ubica en el ámbito mundial como uno de los países con disponibilidad baja<sup>1</sup>. De los 653 cuerpos de agua subterránea o acuíferos, existentes en el país, 104 están sometidos a sobrexplotación; del total de acuíferos se extrae más del 60% del agua subterránea destinada para todos los usos. Debido a la

---

<sup>1</sup> Según Arreguin, (2011), la disponibilidad de agua puede definirse como el volumen anual de agua subterránea que puede ser extraído de una unidad hidrogeológica para diversos usos, adicional a la extracción ya concesionada y a la descarga natural comprometida, sin poner en peligro el equilibrio de los ecosistemas.



México cuenta con 314 cuencas hidrológicas las cuales conforman 37 regiones hidrológicas (INEGI, 2004),

*“...el territorio de una cuenca es delimitado por su parte aguas (la parte más alta), por lo que puede dividirse en parte alta, media y baja o en zonas de cabecera, captación – transporte y emisión.” (Sotelo y otros, 2005: 54)*

De acuerdo con la tendencia natural del flujo del agua podemos inferir que cualquier proceso o fenómeno que suceda en las partes altas de una cuenca influyen o tienen repercusiones en las partes subsecuentes, por lo que todas las cuencas se deben administrar como una sola unidad.

El desperdicio, la falta de pago por el servicio, la contaminación del recurso, su inadecuada utilización y deficiente administración, además de la presión poblacional, han dado lugar a que la nación se encuentre entre los países con una disponibilidad de agua promedio baja, ubicándose en el lugar 81 a nivel mundial. (INEGI, 2004)

*“La inexistencia de un ordenamiento territorial y el resultado de la poca coordinación entre los niveles de gobierno, que regulen el cuidado y la preservación de las cuencas hidrológicas, ha provocado que muchas de ellas tengan un alto nivel de contaminación” (Barlow, 2004: 84).*

Este tipo de problema ambiental puede ser tratado desde dos puntos de vista, la contaminación antropogénica<sup>2</sup> y natural. En el caso de México los recintos acuíferos sufren ambos tipos de contaminación. Donde predomina la bacteriológica, es decir; la alteración de los cuerpos de agua mediante el vertimiento de líquidos y residuos sólidos producto de las actividades del hombre (Cortez y Delgadillo, 1999), esto ésta asociado principalmente a la indiferencia de las sociedades en relación al tratamiento de las aguas residuales.

---

<sup>2</sup> La contaminación antropogénica es el resultado de las actividades del hombre, en particular, las productivas, por ejemplo la generación de energía, la agricultura etc. Este tipo de contaminación en su mayoría es resultado de procesos sociales como el crecimiento demográfico, la urbanización etc.

En México, solamente el 20% del agua recibe tratamiento, por tanto una inmensa cantidad de agua contaminada se vierte a ríos, lagos o lagunas y zonas costeras sin ninguna depuración previa. Las regiones administrativas o regiones hidrológicas (ver ilustración I) que presentan los porcentajes de estaciones con mayor contaminación por Demanda Bioquímica de Oxígeno<sup>3</sup> (DBO5) son: el Valle de México y Sistema Cutzamala (32%), Golfo Centro (10.8%) y Balsas (5.1%) (INEGI, 2004). La conservación y el manejo adecuado del agua es una necesidad que debe ser atendida por la población y el gobierno.

*“A pesar de su importancia, el agua es uno de los recursos más deficientemente administrado en el mundo; se le desperdicia y contamina sin tomar en cuenta las consecuencias posteriores (Umbría y otros, 2008:22).*

Si bien el problema de insuficiencia de agua potable y de tratamiento de aguas residuales representa una gran controversia a nivel global, la actuación de la administración pública a nivel local es una alternativa factible en la solución de éstos; pues el desarrollo de estrategias a nivel local que permitan la reestructuración de las formas de organización socio espacial y la explotación racional de recursos naturales en pequeñas unidades territoriales o asentamientos humanos, genera un dinamismo que afecta a escalas territoriales más grandes mejorando la calidad de vida de la población en general.

Es por esto que la visión local del territorio en la resolución de conflictos es una herramienta de gran utilidad para mejorar las condiciones de vida de las comunidades concibiendo un nuevo enfoque; El desarrollo local sostenible, como instrumento y como objetivo, con tal propósito la zona de estudio de esta investigación, se ha delimitado como una cuenca hidrológica.

---

<sup>3</sup> La cantidad de oxígeno que los microorganismos, especialmente bacterias (aeróbicas o anaerobias facultativas: *Pseudomonas*, *Escherichia*, *Aerobacter*, *Bacillus*), hongos y plancton, consumen durante la degradación de las sustancias orgánicas contenidas en la muestra. Se expresa en mg / l. Es un parámetro indispensable cuando se necesita determinar el estado o la calidad del agua de ríos, lagos, lagunas o efluentes. (Duran, 1994)

## 1.1 El manejo del agua y el Desarrollo Local.

No toda el agua está disponible para el consumo humano, este recurso es cada vez más escaso a causa de acelerado crecimiento demográfico, industrial y urbano de las últimas décadas. Informes de la (OMS, 1989) afirman que la escasez cada vez mayor de las aguas dulces, ha dado lugar al uso creciente de aguas residuales para su aplicación en la agricultura, acuicultura, la recarga de aguas subterráneas y otras áreas. El uso y manejo no controlado de aguas residuales ha generado problemas ambientales, sociales, territoriales y económicos, que imposibilitan el desarrollo local sostenible en algunas comunidades.

Durante la reunión Cumbre de la tierra, celebrada en Río de Janeiro en el año de 1992, por medio de la Agenda 21, se estableció que:

*“los recursos de agua dulce son un componente esencial de la hidrosfera de la tierra y parte indispensable de todos los ecosistemas terrestres” (ONU, 1992:13).*

Así mismo se resaltó la importancia de hacer uso de las aguas residuales mediante un manejo adecuado con el objetivo de lograr un desarrollo a nivel local.

La causa principal de este desmesurado problema es el crecimiento exponencial de la población, junto con la progresiva urbanización que actualmente carece de planeación y control, y por consiguiente genera impactos ambientales y costos territoriales.

*“El impacto generado a los ecosistemas de agua dulce, demuestra que el mundo se encuentra frente a una crisis inminente del agua. Una nueva evaluación global de este recurso, confirma que una cuarta parte de la población mundial carece de una fuente de agua segura y que la mitad no tiene saneamiento adecuado. Como consecuencia de esto, los recursos mundiales de agua dulce se están convirtiendo en uno de los principales factores limitantes del desarrollo humano y de la sustentabilidad del medio ambiente” (Umbría y otros, 2008:24).*

Generalmente las aguas residuales, producto de las actividades que realiza el hombre, provocan contaminación en el territorio donde se descargan; cuando no son tratadas.

Este tipo de efecto, aguas abajo, se relaciona con el manejo del líquido en los procesos productivos y en el uso doméstico.

Existe un gran desequilibrio entre el hombre y la naturaleza en relación a la producción económica de bienes y servicios para alcanzar el desarrollo económico deseado, esto sucede en escalas locales y globales. Las escalas locales son el comienzo de sistemas productivos globales, por lo que es imprescindible fortalecer el papel de las localidades y/o comunidades en la implementación de proyectos que permitan una sana convivencia entre la sociedad y los recursos naturales, obteniendo así un desarrollo local.

Hablar de desarrollo implica hablar de economía. Dado que las aguas residuales, en muchos casos son resultados de actividades económicas, es necesario mencionar que existen políticas económicas y ambientales, y que su aplicación en un determinado territorio, es uno de los elementos que permite el desarrollo local.

Las iniciativas de desarrollo local sostenible cobran fuerza en la década de los 80's, como causa del agotamiento de los modelos de producción vigentes (Fordismo, Capitalismo), que en esa época no se ajustaban a las exigencias del desarrollo alcanzado por las fuerzas productivas, ya que

*“...el progreso tecnológico de esa etapa planteaba la necesidad de buscar formas productivas mucho más flexibles y eficientes que garantizaran mayor calidad de las producciones a tenor de las nuevas exigencias de la demanda mundial” (Morales, 2006:38).*

La idea de que la reestructuración tecnológica y organizativa permite un ajuste más eficaz en los sistemas de producción, es más factible en el ámbito del territorio local. Este hecho vislumbra una nueva concepción del desarrollo, pues promueve la atracción de capitales y empresas externas para impulsar el crecimiento económico de un territorio. *“Desarrollo económico local”*.

El desarrollo local es un paradigma de desarrollo reciente, de naturaleza compleja y multidimensional, que actúa a nivel político, psico – sociocultural, económico y ambiental de un territorio, buscando potenciar las condiciones endógenas en su



desarrollo, (Sueli, 2006) este paradigma permite la constitución de las nuevas relaciones entre las autoridades y la sociedad civil profundizando el proceso de democratización.

Entonces el desarrollo local comienza a definirse según Vázquez (2006), como un proceso de crecimiento y cambio estructural de la economía de una ciudad, comarca o región, en el que se pueden identificar, al menos, tres dimensiones:

*“Una económica, caracterizada por un sistema de producción que permite a las empresas locales usar, eficientemente, los factores productivos para generar economías de escala y aumentar la productividad a niveles que permitan mejorar la competitividad en los mercados; otra sociocultural, en que el sistema de relaciones económicas y sociales, las instituciones locales y los valores, sirven de base al proceso de desarrollo, y otra político-administrativa en que las iniciativas locales crean un entorno local favorable a la producción e impulsan el desarrollo sostenible” (Vázquez, en Morales 2006:62).*

En este sentido, el desarrollo local da paso al desarrollo local sostenible, cuando hay una correlación directa entre los factores económicos, sociales, culturales, políticos, y administrativos, sin embargo algunas propuestas de otros autores como Cotorruelo y Vázquez (2001) señalan que el factor ambiental está relacionado estrictamente con la conservación de los sistemas productivos territoriales, El desarrollo económico local es un proceso de objetivos múltiples, que son: eficiencia en la asignación de recursos para la competencia territorial; equidad en la distribución de renta y equilibrio del entorno medioambiental para la conservación del sistema productivo territorial (Cotorruelo, 2001).

Por otro lado, según (Albuquerque, en Morales 2006:62) el desarrollo económico local,

*“...se trata de un desarrollo capaz de extender en la mayor medida posible el progreso técnico y las innovaciones gerenciales en la totalidad del tejido productivo y empresarial de los diferentes territorios, a fin de contribuir con ello a una mayor generación de empleo productivo e ingreso, y a un tipo de*

*crecimiento económico más equitativo en términos sociales y territoriales, y más sostenible ambientalmente”.*

Estas nociones de desarrollo económico local, según Vázquez, en Morales 2006 determinan que los procesos de desarrollo local, se producen gracias a la utilización eficiente del potencial económico local, que se ve facilitado por el funcionamiento adecuado de las instituciones y mecanismos de regulación del territorio. En los principios de este concepto se observa que comienza a haber consideraciones en el potencial económico de cada territorio, el cual supone mejores resultados en cuanto a la producción, si las instituciones locales, o mejor dicho autoridades, permiten el uso de un determinado territorio y sus recursos naturales.

Hasta ahora se ha señalado un parte esencial del desarrollo local económico, principalmente sus bases y algunos conceptos, pues estos han contribuido a la conformación del concepto de “*desarrollo local sostenible*”, el cual desarrollaremos a continuación.

## 1.2 Desarrollo Local Sostenible: Principios y Definición

El concepto de desarrollo local sostenible tiene sus orígenes en la conferencia de Estocolmo en el año 1972, donde se discutió, a nivel internacional, la necesidad de realizar acciones que solucionen y ayuden a evitar la degradación del medio ambiente. En esta conferencia también se habló por primera vez de la planificación del progreso económico, considerándose la importancia de la conservación de la naturaleza, así mismos se estableció la proclamación mundial de la solemne obligación de proteger y mejorar el medio ambiente para las generaciones futuras así como el reconocimiento de la responsabilidad de los estados por daños ocasionados al medio ambiente fuera de sus fronteras. Con la colaboración del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), nacido de la conferencia de Estocolmo y el Fondo Mundial de la Naturaleza, (WWF) se definió en 1980 la estrategia mundial para la protección de la naturaleza y los recursos naturales (Ayuntamiento de Madrid, 2004).

En el Año de 1987 la Comisión Mundial Para el Medio Ambiente y el Desarrollo de la ONU, presento el libro “*Nuestro Futuro Común*”, o mejor conocido como el Informe de Brundtland, en el cual aparece por primera vez el concepto de desarrollo local sostenible, y es definido como

*“El desarrollo que satisface las necesidades actuales sin poner en peligro la capacidad de las futuras generaciones de satisfacer sus propias necesidades”*  
(CMMAD, 1987),

Ésta definición parte del reconocimiento de la insostenibilidad del modelo de desarrollo actual y pone de manifiesto la necesidad de reconducirlo para hacerlo compatible con los principios de funcionamiento de los ecosistemas naturales.

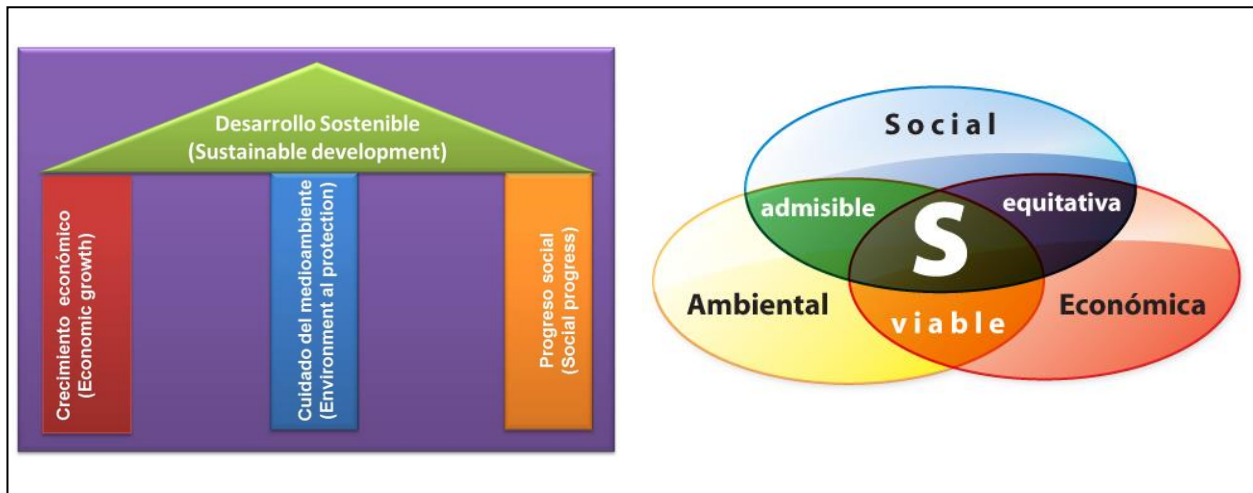
En 1992, en Río de Janeiro se celebra la Conferencia de las Naciones Unidas Sobre Medio Ambiente y Desarrollo (CNUMAD), donde se presenta un concepto más amplio de desarrollo local sostenible, el cual involucra a las autoridades locales como las principales gestoras del mismo. De acuerdo con la CNUMAD y PMNUMC (1992), el desarrollo local sostenible debe ser promovido y desarrollado por las autoridades locales en del desarrollo de su comunidad, para actuar hacia la mejora ambiental del municipio y como un proceso donde la forma local de gobierno, ampliamente comunitaria y participativa, tiene por objeto establecer una exhaustiva estrategia de acción para la protección del medio ambiente, la prosperidad económica y el bienestar social dentro del ámbito local.

El desarrollo local sostenible, es un concepto que se origina a partir de considerar variables económicas, biofísicas, sociales, tecnológicas y políticas en la nueva estructuración de los procesos económicos del siglo XXI para iniciar un desarrollo local.

### 1.2.1 Principios del desarrollo local sostenible

Si bien anteriormente se ha hablado de las distintas variables que intervienen en el proceso de desarrollo, en este pequeño apartado se detalla una de ellas que es la sostenibilidad o sustentabilidad, un anglicismo que proviene del concepto “Sustainable Development”, esta variable se vincula con tres aspectos; el económico, el medioambiental y el social.

#### Esquema II. Componentes del desarrollo sostenible.



Fuente: Adams (2006)

Al combinar los elementos anteriores se generan indicadores que permiten establecer un nuevo paradigma de crecimiento integral en beneficio de las comunidades. (Ver esquema 2). Flores (2003:1) sostiene que

*“El desarrollo sostenible surge como un nuevo paradigma propuesto para suplantarse el viejo modelo desarrollista basado en parámetros meramente económicos que no considera la sostenibilidad de los procesos económicos, ambientales y sociales y que, por tanto, ha conducido a un crecimiento asimétrico injusto y destructor de la base natural indispensable para el bienestar humano a largo plazo”*

Estas ideas están basadas en una visión holística de la sociedad, acerca de las necesidades y requerimientos que se necesitan para sostener un equilibrio con el medio ambiente. Relacionan y analizan las interconexiones de los factores económicos, biofísicos, político – administrativos, culturales y tecnológicos como un solo fenómeno, que no puede ser visto aisladamente pues cualquier cambio en alguno de estos sistemas influye de forma negativa o positiva en el resto. De aquí la importancia de tratar las aguas residual a través de las distintas dimensiones anteriormente señaladas como un problema que no solo tiene consecuencias en un subsistema específico.

El manejo correcto de los recursos naturales, puede potencializar el desarrollo en todos los subsistemas, alcanzando un desarrollo local sostenible integral, para esto es necesario, que los procesos, económicos, sociales, ambientales, políticos y culturales estén sujetos a los principios de sostenibilidad, según Commoner (1972), existen cinco principios fundamentales: **Principio precautorio**; busca prevenir la utilización de no tecnologías de probable alto impacto negativo a la naturaleza. **Principio de interdependencia e interconexión**; sostiene que todo está conectado a todo, en la naturaleza ni en la sociedad hay fenómenos que operan de forma aislada o interdependiente. Propone evitar la extinción de especies y desarrollar una planificación de la economía que prevea los posibles daños a los ecosistemas o los servicios ambientales. **Principio de eficiencia y medida**; propone utilizar los recursos que son ofrecidos por la naturaleza de forma eficiente y medida de tal forma que no se produzca escases o pérdida, pues actualmente el consumo de recursos naturales renovables es consumido a un ritmo superior al de su capacidad de regeneración. Este principio implica basarse en la norma reducir, reutilizar y reciclar.

La sostenibilidad, consiste en una visión a futuro que exige prevenir las consecuencias de las decisiones del presente, implica pensar los impactos de los estilos de vida adoptados por las sociedades, por esta razón el principio de integralidad y el de equilibrio juegan un papel importante en la búsqueda de la sostenibilidad. **El principio de integralidad**, proviene de la premisa de que todo va a parar a algún lugar. Muchos de los productos de alto consumo en las sociedades industriales no son reciclables, o persisten por cientos de años en la naturaleza, como los plásticos y compuestos

químicos que no sólo se acumulan en los botaderos de basura, sino que llegan a las aguas, los suelos, el aire y se acumulan en los tejidos de las personas y de otros seres vivos con efectos nocivos para salud. Esto significa que debemos considerar a dónde irán a parar los desechos industriales y otros productos que no son reciclables, así como el efecto de las emisiones de gases de invernadero, o los agroquímicos. El uso integral de los recursos significa prever sus impactos en todo el proceso productivo.

Finalmente el **principio de equilibrio** sostiene que la naturaleza se encuentra en permanente cambio y recomponiendo equilibrios dinámicos, pero cuando un elemento se pierde o disminuye mucho, puede ocurrir una ruptura que impida recomponer el equilibrio del ecosistema y, en consecuencia, producir su colapso. Por eso este principio significa que el uso humano de un recurso no debiera rebasar un umbral crítico y el impacto humano no sobrepasar la capacidad de carga de los ecosistemas.

*“Siguiendo cualquier proceso humano bajo estos principios es posible establecer una cordial relación entre el ser humano y el medio ambiente, alcanzando el desarrollo sostenible que se anhela desde hace décadas, sin embargo, la aplicación de estos principios lleva a concluir que es necesario el cambio de los modos de producción, consumo y distribución de los recursos que no se ajustan a cualquiera de los fundamentos de la sostenibilidad  
“(Flores, 2003:1)*

Es por eso que los sistemas de producción deberían planificarse en base a la previsión de todo su ciclo, es decir no sólo desde la fase extractiva a la productiva y de su consumo, sino hasta la disposición del producto al fin de su vida útil. La implementación del desarrollo sostenible debe ser sujeta a verificación y medible con base a indicadores de cambio en el tiempo que permitan saber si la calidad ambiental y de vida de la población ha mejorado o no.

### 1.3 El Desarrollo Local Sostenible una Vía para el Manejo de los Recursos Naturales.

En este subcapítulo abordamos el papel que juega el desarrollo local sostenible en el manejo de los recursos naturales para potencializar o limitar las oportunidades de

desarrollo de un territorio determinado, así como la importancia de la participación de los distintos actores sociales, políticos y privados en éste.

Cuando hablamos del patrimonio cultural de una región o país, se hace referencia a su riqueza en flora, fauna, suelos, agua, minerales y paisajes. Es decir a los diferentes elementos generados por la naturaleza sin la intervención del hombre. Los recursos naturales pueden ser considerados como aquellos materiales provenientes de la naturaleza que permiten satisfacer necesidades humanas, no solo su existencia física, sino también la función que desempeñan dentro de los ecosistemas, como la luz del sol, las caídas de agua, el viento etc. Morello (1987) considera como recurso natural a aquellos recursos que el hombre va encontrando en el medio físico y biológico natural, o modificado en función del avance de sus conocimientos científicos tecnológicos y que permite satisfacer necesidades humanas.

La importancia de este concepto es que se antepone el carácter social ante el natural, lo cual implica que el hecho de satisfacer las necesidades humanas actuales y futuras, se relaciona con la generación de recursos y energías a través de los avances del conocimiento y las tecnologías, por lo que se le puede considerar un concepto dinámico.

La energía y los recursos naturales son de gran importancia para los países, desde 1952 en la Asamblea General de las Naciones Unidas se declaró que:

*“...los países en desarrollo tienen “el derecho de disponer libremente de sus recursos naturales” (ONU, en CINU 2012:14).*

Actualmente en muchos países hay una sobre explotación de varios recursos naturales, particularmente del *recurso agua*, hoy en día según el Informe del CINU (2012), el 20% de la población carece de agua suficiente y para el 2025 esa cifra aumentara al 30% afectando a 50 países. La ineficiencia en el uso del agua, la degradación de este recurso hídrico por degradación, la explotación excesiva de recursos subterráneos y la creciente demanda de la misma para satisfacer las necesidades humanas del comercio y la agricultura han provocado la crisis actual de dicho recurso hídrico.

*“Las Naciones Unidas se ocupan de la crisis de este recurso desde 1977 en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Agua y tratando posteriormente el tema en la Conferencia Internacional sobre los Recursos Hídricos, de 1992, la Cumbre para la Tierra de 1992, y el Decenio Internacional de Agua Potable y el Saneamiento Ambiental, de 1981 a 1990. Durante este decenio se ayudó a alrededor de 1300 millones de personas de países en desarrollo a obtener acceso al agua potable” (CINU 2012).*

La Organización de las Naciones Unidas también trabaja para promover el desarrollo sostenible de recursos naturales hídricos frágiles y no renovables, a través del Departamento de Asuntos Económicos y Sociales, en el cual existe un programa de cooperación técnica para el aprovechamiento de los recursos naturales de forma sostenible. Algunos otros organismos de la ONU cooperan de forma constante en el manejo adecuado de recursos naturales, la FAO promueve el aprovechamiento eficiente y la conservación del agua con el fin de lograr la seguridad alimentaria, mientras que el PNUD y el Banco Mundial colaboran en los programas conjuntos de agua y saneamiento. La importancia de los recursos naturales en el desarrollo local, se refleja en la disponibilidad y conservación de los mismos,

*“...el concepto de conservación ha venido ajustándose permanentemente. Así pues de una idea proteccionista (por ejemplo de intangibilidad) se llega a la de conservar mediante el uso racional. Es decir lograr la conservación de los recursos naturales manteniendo los procesos ecológicos esenciales, preservando la diversidad genética y aprovechando en forma sostenida las especies y ecosistemas” (Martínez, 1987:72).*

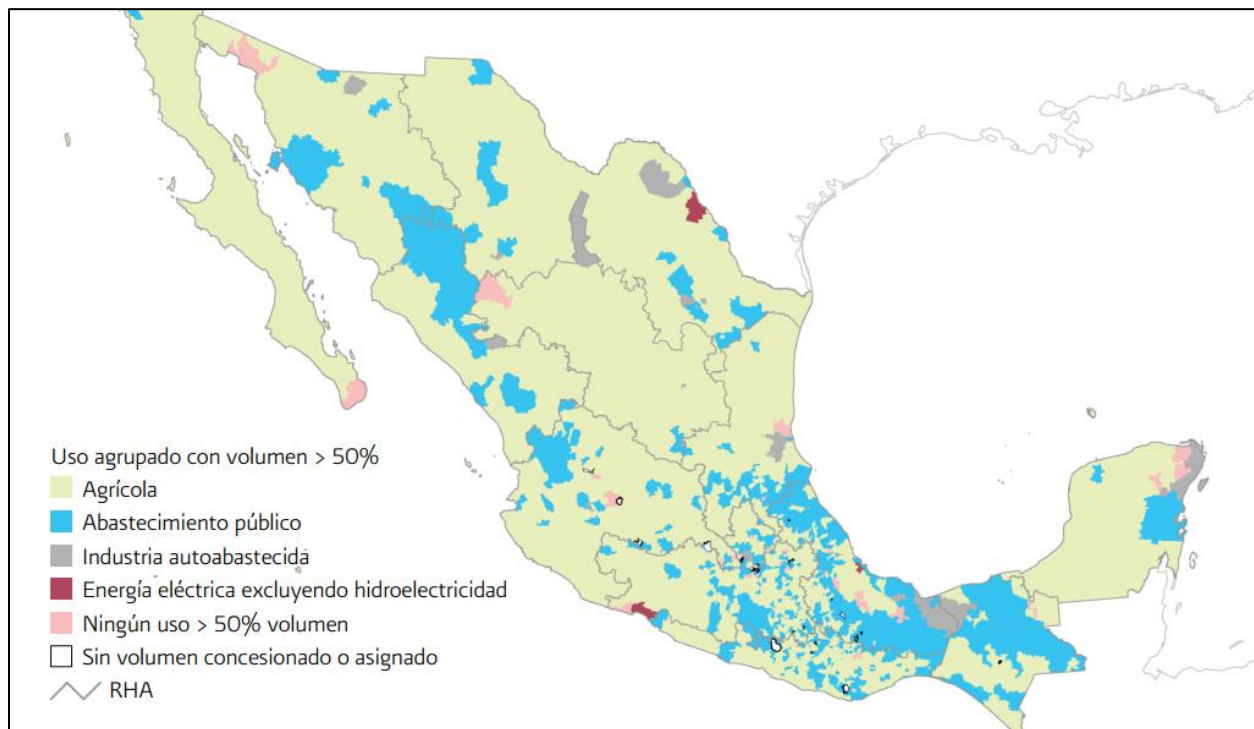
El agua, el recurso hídrico fundamental para desarrollar la mayoría de las actividades productivas, se diferencia entre sus usos consuntivos y no consuntivos; entre los primeros se ubican el abastecimiento urbano, la agricultura, la ganadería y la industria, y entre los segundos se encuentran la producción de energía eléctrica, la refrigeración de plantas industriales y centrales energéticas, la acuicultura y los caudales con fines ambientales y paisajísticos. Aunque estas demandas no consumen prácticamente agua, condicionan y limitan el suministro de los usos consuntivos porque tienen que



estar disponibles en el momento y lugar requeridos, y con la calidad adecuada. (IMTA en Guzmán y Otros, 2003).

El agua es empleada de diferentes maneras, prácticamente en todas las actividades humanas, ya sea para subsistir o para producir e intercambiar bienes y servicios, el mayor volumen concesionado para usos consuntivos del agua (Ver ilustración III) es el que corresponde al uso agrupado agrícola, principalmente el agua empleada para riego. Cabe destacar que México es uno de los países con mayor infraestructura de riego en el mundo. Por otra parte, se encuentra el uso agrupado para abastecimiento público, el cual consiste en el agua entregada a través de las redes de agua potable, las cuales abastecen a los usuarios domésticos (domicilios), así como a las diversas industrias y servicios conectados a dichas redes.

**Mapa II. Uso agrupado consuntivo del agua, predominante por municipio, 2009,**



Fuente: SEMARNAT (2011)

El disponer de agua en cantidad y calidad suficiente para el consumo humano es una de las demandas básicas de la población, pues incide directamente en su salud y bienestar en general. Esta característica es reconocida por los instrumentos rectores de planeación nacionales: el Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012 y el Programa

Nacional Hídrico 2007-2012. Para el abastecimiento público, que agrupa al uso público urbano y al doméstico, el tipo de fuente predominante es la subterránea con el 62.2% del volumen, (SEMARNAT 2007)

México es un país que día a día experimenta unos procesos de industrialización, así que finalmente tenemos el uso agrupado de industria autoabastecida. En este rubro se incluye la industria que toma el agua que requiere directamente de los ríos, arroyos, lagos acuíferos del país. De cada 100 litros de agua concesionados o asignados para usos consuntivos al 2009, 4 corresponden al uso agrupado de industria abastecida, aun cuando representa el 4.1 % del uso total, el uso agrupado industrial autoabastecido agrupa a los rubros industriales, servicios, agroindustrial y comercio.

Como se ha presentado, las sociedades actuales muestran un uso indiscriminado de los recursos naturales, y esto es un factor limitante del desarrollo local sostenible, a corto mediano y largo plazo, la solución a este problema es involucrar a los sectores públicos y privados en la educación ambiental con un carácter regional, lo cual implica formar a los individuos desde su ingreso en el conocimiento y valoración de los diferentes recursos naturales de su región, de tal manera que adquieran un compromiso de uso racional, conservación y preservación de los recursos naturales para no comprometer las necesidades de las generaciones futuras.

#### 1.3.1 La participación de los actores locales en el uso y manejo de los recursos naturales.

Los efectos medioambientales del crecimiento económico y el cambio estructural que han experimentado las sociedades en los últimos años, exhiben, la insostenibilidad del modelo tradicional de desarrollo, en el que el medio natural es solo el ámbito de los recursos naturales susceptibles de explotación de acuerdo con la racionalidad económica.

Una vía factible, para solucionar el conflicto entre el medio ambiente y el desarrollo económico es el desarrollo local sostenible, el cual puede ser definido como

*“el proceso endógeno de transformación de las localidades, fundamentadas en una estrategia de desarrollo local con políticas diseñadas para lograr una*

*efectiva participación de su población en la solución de los problemas y aprovechamiento de las oportunidades, para abordar de forma equilibrada e integrada, los aspectos sociales, económicos y ambientales, en el entorno donde se realizan las actividades cotidianas.” (Bofill, y otros 2009).*

Como anteriormente se ha menado, el DLS, esta antecedido por el desarrollo local, el cual necesita recursos para cumplir su trayectoria (suelos, vegetación, infraestructuras, instituciones, organizaciones, empresas y establecimientos económicos, cuadros profesionales y capacidad para pensar y hacer), todos al alcance de los propios sujetos locales pero usualmente no se observan ni se utilizan como aquéllos que servirán para el desarrollo local.

*“La cuestión, entonces, resulta aprender a utilizar esos recursos en función de un proceso de auto transformación consensuado por todos los actores implicados: el gobierno local, cuando hay una situación equilibrada entre los recursos, y los actores en este proceso de auto transformación aparece el Desarrollo Local Sostenible, las estrategias de desarrollo local, deben ser un modelo de decisiones asociado a la administración pública que determina y revela sus objetivos, propósitos o metas, que define las principales políticas y planes para lograr objetivos, de manera que con sus decisiones incidan en el desarrollo integral de un territorio determinado, contribuyendo a elevar el nivel de vida de la población y al aprovechamiento de las potencialidades locales al servicio de la sociedad.” (Escudero 2004: 102)*

Para que este modelo prospere, enfocado al desarrollo local sostenible, es necesario que contemple al hombre como principio y fin de cualquier esfuerzo por el desarrollo, que exista una relación dinámica entre lo que se planifica a nivel de país y lo que se diseña a nivel local y que la localidad, sea entendida como un territorio organizado, considere la participación, integración y cooperación de la ciudadanía, gobierno y el sector privado en las dimensiones ambientales, económicas, sociales y culturales.

En este sentido es necesario incorporar a los actores locales, que bien pueden ser autoridades municipales, en la gestión hacia el desarrollo local sostenible, que conlleve al crecimiento económico con equidad y que resalte la importancia del uso racional de

los recursos naturales. Por otra parte dado que las personas, organizaciones e instituciones locales son el centro del DLS, se requiere un modelo de gobernabilidad que permita a la comunidad determinar una organización encaminada a potenciar la cultura junto con el conocimiento tradicional y fomentar estrategias de educación ambiental.

Sin embargo la participación, no solo debe estar determinada por los intereses de los afectados o de aquellos grupos más organizados y acostumbrarse a las movilizaciones, sino a toda la población afectada directa e indirectamente, y esta promoción de la participación le corresponde a la gestión pública municipal.

*“esto requiere de una relación de integración – recepción, que contribuye a entender el doble carácter al implicar acción y enriquecimiento de los sujetos participantes, por tanto hay que encontrar mecanismos para conseguir la implicación social” (Escudero, 2004:89).*

Finalmente es necesario señalar que el cuidado de los recursos naturales endógenos de cada lugar, el patrimonio histórico de cada localidad y medio ambiente es una necesidad que le corresponde a la ciudadanía, el estado y al sector privado para alcanzar el desarrollo local sostenible y así garantizar el progreso social y económico. Ya que la población, es quien padece las problemáticas es necesario un sistema organizacional entre los miembros de las comunidades que permita controlar la explotación y uso de los recursos naturales de forma sostenible, como es el caso de la comunidad indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro, que se presenta a continuación.

### 1.3.2. Experiencias en el manejo de los recursos para el Desarrollo Local Sostenible, comunidad indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro.

Actualmente Nuevo San Juan Parangaricutiro, es una comunidad indígena de ascendencia Purépecha, ubicada en el estado de Michoacán, es mundialmente conocida por la explotación de sus recursos forestales; la creación de una empresa forestal y una empresa de agua purificada, la producción de resinas, sus iniciativas de

turismo ecológico, entre otras actividades que generan múltiples empleos y beneficios para la comunidad.

*“A consecuencia de la erupción del volcán Parícutín en 1943, la comunidad michoacana de San Juan Nuevo Parangaricutiro debió reubicar sus infraestructura urbana y terrenos de cultivo. Hasta la década de los años 70, los bosques de la comunidad, en el municipio de Nuevo Parangaricutiro, estuvieron concesionados para su explotación por empresas privadas, lo cual propicio un avanzado deterioro de la vegetación agravado por la tala indiscriminada e ilegal, el cambio de uso de suelo, las plagas, enfermedades e incendios.” (Greenpeace, 2013)*

Ante esta situación, los miembros de la comunidad decidieron integrarse en una organización llamada Unión de Ejidos y Comunidades Forestales, la cual tuvo como objetivo primordial buscar nuevas formas de organización productiva, de esta manera en el año de 1981, ésta comunidad retomó el control sobre sus recursos naturales, y con el apoyo académico, y organizaciones civiles de la comunidad, se elaboro un plan de ordenamiento territorial en el que se contemplo la explotación sustentable de los recursos naturales, en lo particular de los bosques para alcanzar el aprovechamiento optimo e inteligente de los recursos naturales, derivado de éstas acciones, en este mismo año se constituyó una empresa forestal sólida y competitiva, que actualmente genera mas de 900 empleos entre los comuneros, exporta molduras y muebles a E.U.A., Bélgica e Irlanda impactando de forma positiva la económica regional.

Algunas organizaciones medioambientales, académicos reconocidos y oficiales del Estado han visto en Nuevo San Juan la solución consumada del paradigma de desarrollo sostenible. Varios investigadores han exaltado la capacidad de planeación, administración y operación de la empresa creada por esta comunidad, han celebrado los proyectos de reciclaje y conservación ambiental, hoy en día esta forma de organización comunal representa un modelo de desarrollo local ecológicamente sustentable, económicamente viable y socialmente justo. (del Río y otros, 2013)

Cabe resaltar que para consolidar este modelo de desarrollo local, la participación comunitaria, fue promovida como un elemento fundamental en el ejercicio de

conservación, de tal manera que no fue una imposición para la comunidad, sino una decisión compartida, es decir; dado que son los campesinos son quienes conocían la composición de su territorio, las problemáticas y los recursos que poseen, son ellos quienes decidieron atender la problemática e integrarse a las labores de restauración, protección y producción.

La prosperidad de NSJP se debe al establecimiento de un sistema de organización comunal, que tiene como principal objetivo el desarrollo integral comunitario, al establecimiento de una industria, la reinversión de utilidades y la participación y capacitación permanente de agentes locales (personal técnico y administrativo, autoridades locales y ciudadanía), éste modelo de desarrollo se toma como referencia para la parte final de esta investigación pues es necesario resaltar que en la medida que los habitantes de una comunidad tengan resueltas las necesidades de subsistencia podrán apreciar el valor y la potencialidad que los recursos naturales aportan, y de esta forma aprovecharlos y defenderlos mediante la formación de empresas sociales, como es el caso de la empresa forestal de NSJP.

En este sentido la capacitación de los habitantes para el desarrollo de actividades productivas y/o administrativas resulta un pilar fundamental; para la creación de la empresa en San Juan fue necesario un aprendizaje amplio y profundo, se realizaron sesiones de trabajo para la organización de dicha empresa, se analizaron diversos temas básicos, como liderazgo los cuales estuvieron basados en principios aceptables por la comunidad, la división del trabajo en una empresa, la responsabilidad que implicaba cada una de las diferentes posiciones y la planeación de las actividades de la empresa para el cumplimiento de los compromisos adquiridos. (Bofil, 2002)

Como se describió en este subcapítulo, las problemáticas relacionadas al agua son una preocupación en todo el mundo, sin embargo actuar de forma generalizada no permite focalizar de forma objetiva las medidas necesarias para mitigarlas. El enfoque del desarrollo local sostenible integra elementos como el cuidado y explotación de los recursos naturales, la visión local y la participación activa de agentes locales (autoridades locales, ciudadanos, etc.) que son necesarios para formular propuestas que ayudan a resolver las necesidades actuales de las comunidades.

## 2. Proceso del agua y efectos del agua residual

En este subcapítulo se trata la importancia del uso y manejo adecuado del agua, y se describen las etapas por las que pasa el líquido para su consumo haciendo énfasis en la última etapa de este proceso, las aguas residuales, se muestran los impactos territoriales, económicos, sociales, ecológicos y culturales así como la importancia que tiene la disposición, uso y manejo de estas aguas para potencializar o limitar el desarrollo local sostenible.

El agua puede ser considerada como un recurso renovable cuando se controla racionalmente su apropiación, distribución, uso, descarga y disposición final, de lo contrario es un recurso no renovable. Al carecer de una conceptualización teórica anterior que permita desarrollar la problemática en cada paso para así mejorar el cuidado del líquido en relación las distintas fases por la que el agua pasa, se decidió desarrollar una, a la que se le denominó proceso del agua; un proceso cíclico pues es un recurso natural renovable que permanece en la misma cantidad que antes, solo que en distintas condiciones.

*“Nuestro planeta contiene la misma cantidad de agua que hace millones de años, y la cantidad de ella en una región depende de su almacenamiento y mantenimiento según su área boscosa, imponiendo una regulación y conservación más racional de las reservas de agua, desde el momento de la captación, pasando por su consumo en ciudades y campos, hasta una adecuada y rigurosa purificación de los afluentes residuales.” (Prieto, 2004:14)*

### 2.1. Proceso de manejo del agua

En el proceso de uso y manejo del agua existen diferentes etapas, a las que para efectos de este documento se les ha nombrado proceso del agua, el cual está compuesto por cinco etapas diferentes: apropiación, distribución, uso, descarga y disposición final que se describen a continuación.

### 2.1.1. Apropiación del agua

La apropiación del recurso hídrico es la primera etapa en el uso y manejo del agua, puede ser definida como la sustracción de este recurso de la naturaleza. Cuando se habla de apropiación se plantea la incorporación de la naturaleza a la sociedad que hace uso de ella en términos materiales y funcionales para satisfacer necesidades humanas específicas.

*“Un proceso fundamental en el desarrollo es la apropiación de la naturaleza por parte de diversos actores sociales, este proceso involucra, entre otros factores, valores de uso y de cambio, sentido, desarrollo científico técnico y poder político.” (Ibarra, 2010:22)*

Durante esta primera etapa del proceso del agua se muestran diversas relaciones de poder, que pueden caracterizarse por conflictos durante y en las formas de asociación entre los hombres para obtener control. Según Espinoza (2000) Las relaciones de poder no son otra cosa que la lucha por dominar y no ser dominado, por obtener una posición privilegiada con respecto al otro. Es una forma de interacción que requiere necesariamente del otro para legitimar su posición. Las relaciones de poder son muy importantes durante esta etapa, porque de éstas derivan los comportamientos de las siguientes etapas como es la distribución del agua.

Durante la apropiación del líquido se observa una nula contaminación del agua, pero es una parte fundamental pues a partir de esta etapa se determinan las formas en las que el hombre hace uso del agua y por consiguiente las formas en las que se le contamina.

### 2.1.2. Distribución y uso del agua

La distribución del agua en la sociedad es muy importante y hay muchos factores distintos que determinan quienes reciben el agua y quienes no pueden tener acceso a este recurso, entre ellas las relaciones de poder. Las relaciones espacio – sociedades, desarrolladas en torno a la apropiación y el uso de agua se regulan de forma jerárquica, por lo cual la distribución de este recurso no es de forma homogénea en todo el territorio, por esta razón el conflicto por la distribución del agua no es propio de las ciudades ni de las zonas rurales. Si partimos del hecho de que la disponibilidad y la



distribución de agua en el planeta es desequilibrada, el problema se agudiza, cuando en las zonas habitadas, como las ciudades y localidades la dotación de este servicio es ineficiente.

La distribución del agua consiste en reconocer el líquido como un derecho de todos los habitantes, ya que esta forma parte de las garantías indispensables para asegurar un nivel de calidad de vida adecuado, en particular porque es una de las condiciones de supervivencia. El acceso al agua también está indisolublemente asociado con los más altos niveles posibles de salud, vivienda y alimentación adecuada. De igual forma, este acceso obligatorio debe considerarse conjuntamente con otros derechos consagrados en la Carta Internacional de Derechos Humanos, entre los que ocupa un lugar primordial la vida y la dignidad humana. (PMNUMC, 1992) Esta distribución se puede dar por medio de redes o sistemas de transporte de agua potable, pozos o sistemas de abastecimiento para el caso de las localidades más dispersas.

La siguiente etapa en el tren del agua, el uso, puede ser definido como el consumo de este recurso para el desarrollo de actividades cotidianas. El hombre aprovecha de diferentes maneras el agua, especialmente en el consumo, en el aseo, en vías de comunicación por los ríos, como fuerza transformable en energía eléctrica, etc.

*“El consumo promedio de agua por habitante es de 4 a 5 metros cúbicos.  
(ONU, 2010)”*

De Acuerdo con Prieto (2000), el abastecimiento y uso del agua tienen por objeto la obtención y el suministro de ella, para el alimento y servicio de las personas, por muchos y variados sistemas económicos y adecuados, teniendo en cuenta su cantidad y calidad. Existen diversas y variadas formas para obtener el agua, como el almacenamiento y recolección del agua de lluvia, la extracción directa de ríos, lagos y lagunas y sustracción del recurso hídrico filtrado por capas del terreno; aguas subterráneas: pozos y manantiales.

### 2.1.3 Descarga y disposición final del agua

En esta etapa se percibe el mayor problema pues la calidad del agua de lagos y ríos influye fundamentalmente en su uso.

*“Actividades tales como pesca o natación tienen entre sí diferentes requerimientos de calidad del agua, mientras que la de las fuentes de suministro para consumo humano debe ser aún mejor. En muchos países del mundo, México entre ellos, la descarga de contaminantes generados por las actividades humanas han degradado seriamente la calidad del agua, al grado de haber convertido corrientes prístinas en canales de aguas residuales con unas cuantas formas de vida y muy pocos usos benéficos.” (Olivares y Sandoval, 2000:73)*

Dentro de esta etapa del tren del agua, el líquido ha pasado por un proceso de uso, en el cual ha estado expuesto a sustancias diferentes, las cuales han alterado la composición de éste y por tanto contaminado, a este tipo de aguas se les conoce como aguas residuales.

Las aguas residuales de acuerdo con Cortés y otros (2010) se clasifican en: domésticas municipales, comerciales, industriales y agrícolas. Las aguas domésticas son las que provienen del uso cotidiano, el aseo de personas y la elaboración de los alimentos, es decir de casa habitación, las aguas municipales son usadas en el lavado de calles, vehículos, banquetas, fuentes, riego de áreas verdes, o sea las que usa el municipio en los servicios urbanos, las aguas comerciales son producto de los restaurantes, negocios, centros comerciales etc. Las aguas industriales se refieren al agua que es usada por las industrias para llevar a cabo un proceso de producción y finalmente las aguas agrícolas, son aguas sobrantes y que escurren después de ser utilizadas en los cultivos.

Por lo general, los contaminantes en las aguas residuales son una mezcla compleja de compuestos orgánicos e inorgánicos, normalmente no es práctico ni posible obtener un análisis completo de la mayoría de las aguas residuales, las aguas predominantes los sistemas de drenaje son de tipo doméstico.

En las ciudades y comunidades, las aguas residuales generalmente son evacuadas o descargadas en cuerpos naturales de agua, como ríos lagos, mares etc.

*“...a esta forma de desagüe se le denomina evacuación por dilución, ha sido empleada por muchos municipios, con poco o ningún tratamiento” (Olivares y Sandoval, 2000:91)*

Este tipo de descarga genera una serie de problemas subsecuentes en la extracción y uso posterior del recurso, por lo que representa un riesgo y un daño a la calidad de vida de las sociedades. Acevedo y otros (2005) afirma que en muchas ocasiones la autodepuración, un proceso natural donde se recuperan las propiedades del agua después de haber sufrido un episodio de contaminación orgánica, evita que aparezcan problemas, pero para el caso de la industrialización y la demografía urbana siempre crecientes, acompañadas de un retraso en la construcción de plantas de tratamiento, han llevado a una contaminación severa de los cuerpos de agua.

La última etapa del tren del agua, la disposición final, se refiere al uso último que se le da al líquido, este depende de la capacidad y recursos de los cuales disponga la administración, por ejemplo:

*“...en América Latina, solo el 43 % de la población urbana tiene acceso a sistemas de alcantarillado, y más del 90% de las aguas residuales recolectadas pasan directamente a los recursos hidráulicos que las reciben sin ningún tratamiento.” (Bartoleni y Salas en Espinoza 2000:36)*

En países desarrollados la mayor parte de aguas son tratadas antes de ser depositadas en las masas acuíferas, de aquí que se desprenda una característica relevante de la disposición final del agua, el tratamiento.

Para el caso de México, un país caracterizado por su lento desarrollo cuenta con muy poca infraestructura que le permita depurar los líquidos residuales antes de reincorporarlos a la naturaleza. Hoy en día la irrigación de los cultivos agrícolas con aguas residuales es una práctica común, especialmente en la zona norte, donde se ha generalizado debido a la escasez de agua de buena calidad. Sin embargo, existen

requerimientos de calidad que deben tomarse en cuenta para el aprovechamiento en riego, para evitar contaminación en los cultivos que puedan afectar a los animales y al hombre.

Como podemos observar el tratamiento de las aguas residuales permite el desarrollo de otras actividades, la disposición final del agua a través del tratamiento de aguas residuales, debe cumplir con dos principios de sustentabilidad, de rehuso y de reciclaje.

## 2.2. Efectos del Agua residual en el medio ambiente

Anteriormente se ha hablado de muchos elementos que se encuentran en el concepto de desarrollo local sostenible, también que este tipo de desarrollo se produce al integrar todas y cada una de las variables descritas en la elaboración y ejecución de proyectos que mejoren las condiciones del medio ambiente. Así mismo se ha tratado la importancia de que haya una visión global para la resolución de problemas mediante acciones particulares o locales.

Dado que el medio ambiente es un sistema; un conjunto de elementos que interactúan entre sí en busca de un objetivo, en este caso la proliferación de la vida, y en un sistema cada parte de éste, tiene una gran importancia para el funcionamiento del resto, la aparición de un problema o falla, tiene repercusiones en una escala mayor, por eso la importancia de tratar el problema de las aguas residuales como un defecto o variación en el sistema medioambiental.

La visión de un problema mediante un enfoque de sistemas tal vez no lo soluciona sin embargo permite producir teorías y formulaciones conceptuales que ayudan a entender la función de cada elemento dentro de su estructura resaltando la falla principal y así dar solución al problema, por ejemplo el papel del agua en el medio ambiente.

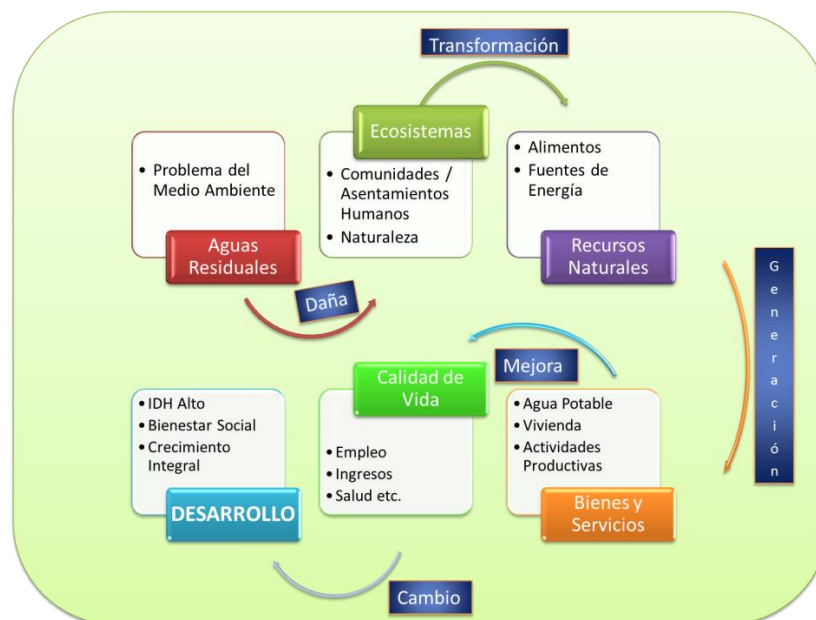
Se ha mencionado antes que el agua puede tomar dos papeles, un recurso o un problema según el manejo y control que se le tenga, en este apartado la observaremos con una perspectiva al segundo papel, pero antes de explicar cómo un pequeño problema, las aguas residuales, afectan al resto del sistema medioambiental, es pertinente definir claramente este concepto.

*“El medio ambiente es un sistema complejo de relaciones físicas, químicas, biológicas, sociales, políticas, económicas y culturales con sensibilidad a las variaciones de cada uno de sus componentes, que producen efectos directos e indirectos sobre los seres vivos y las actividades humanas a corto, largo y mediano plazo.” (Salazar y Serra, 2006:8)*

Gracias al concepto anterior se pueden identificar y mencionar de forma precisa los elementos que le conforman, este término no solo se limita a los aspectos de la naturaleza, (el suelo, aire, agua, flora, fauna, ) si no también los que son producto de la acción humana (las ciudades, los servicios, la actividad laboral, las tradiciones y costumbres, los conflictos sociales) es un entorno que condiciona las formas de vida de las sociedades, que incluye valores naturales, juicios sociales y culturales que existen en un lugar y momento determinado.

Cuando entendemos que la variación de uno de los componentes del medio ambiente produce efectos directos o indirectos sobre los seres vivos y las actividades humanas, también entendemos que se afecta al proceso de desarrollo local sostenible como lo muestra el siguiente esquema.

### Esquema III: El papel de las aguas residuales en el desarrollo.



Fuente: Elaboración propia en base a revisión bibliográfica.

Las aguas residuales según la FAO (2009) son aquellas que no tienen valor inmediato para el fin para el que se utilizó ni para el propósito para el que se produjo debido a su calidad, cantidad o al momento en se dispone de ella, es decir aguas que han sido contaminadas de alguna forma y que de acuerdo a su grado de contaminación pueden o no tener un uso en alguna otra actividad. Este tipo de aguas representa una alteración al medio ambiente que daña a los ecosistemas principalmente.

Los ecosistemas pueden entenderse como la suma de los seres bióticos y abióticos que se encuentran en un espacio determinado y en los que se encuentran los recursos naturales en su totalidad, de los cuales los asentamientos humanos o comunidades hacen uso para su subsistencia, los ecosistemas son la principal unidad funcional del sistema medioambiental pues es el lugar donde se realizan las transferencias de materia y energía, elementos que todo organismo vivo necesita.

Desde el inicio de la humanidad, los seres humanos se han organizado para poder extraer los recursos naturales antes mencionados para transformarlos en alimentos, los cuales han servido para su reproducción y progreso tecnológico, a lo largo de la historia se ha mostrado como el hombre ha podido crear procesos en los que transforma las materias primas en fuentes de energía.

Las fuentes de energía y la alimentación han permitido la generación de bienes y servicios, por ejemplo servicios de agua potable, viviendas, energía eléctrica, etc. para conseguir este tipo de servicios se ha generado un sistema organizacional un tanto complejo, en el que participa la población, ya sea a través del trabajo físico o el administrativo, se han generado una serie de actividades productivas que desembocan en la creación de grandes urbes y que se traducen en "*desarrollo*".(Likens y Bormann, 1995)

Es en esta parte donde se encuentra la variación más grande del sistema medioambiental, pues cuando el hombre extrae los recursos de la naturaleza, no toma en cuenta cuestiones de racionalidad, conservación y protección pues el sistema organizacional que se ha establecido solo se basa en dos grandes pilares, la producción y las ganancias, esto ya se mencionó anteriormente, pero es importante volver a mencionarlo, pues cuando solo se sigue este modelo lineal de crecimiento, sin

contemplar el factor natural y la manera en la que se le contamina, se generan diversas problemáticas en los ecosistemas (en los recursos hídricos principalmente), en las comunidades, en la calidad de vida de la población, en su bienestar y finalmente en todo el medio ambiente.

Las variaciones antes mencionadas, producidas por algún componente se llaman efectos, los cuales se entienden como los procesos de tipo físico, biótico, social, económico o cultural que pueden alterarse, en este caso, por la acción del agua residual, y que pueden generar alteraciones en las relaciones que gobiernan la dinámica de los ecosistemas.

Las aguas residuales directa o indirectamente provocan este tipo de efectos que limitan el desarrollo de las comunidades, pues al encontrarse con una calidad y cantidad pésima se detienen muchas actividades que se realizan cotidianamente, en el caso de los asentamientos humanos, afecta desde la producción de alimentos hasta el consumo de los mismos para la industria, es un tanto peor, pues la mayoría de estos gastan altas cantidades del líquido en la producción de bienes o servicios y no le dan una depuración o tratamiento adecuado antes de reincorporarla a la naturaleza. El agua, su calidad y disponibilidad es indispensable para el desarrollo.

.

A consecuencia de la contaminación por descarga de aguas residuales, algunos de los efectos que se producen son los siguientes

- a) Los microorganismos patógenos de las aguas residuales convierten las aguas naturales en fuentes inseguras de suministro, imposibilitando el consumo para los seres humanos.
- b) La descomposición de la materia orgánica inestable en cuerpos de agua despoja al líquido de su oxígeno, y por lo tanto de la proliferación de especies acuáticas como los peces, porque mueren.
- c) También los ácidos, aceites, y otro material tóxico extermina cualquier tipo de vida acuática o de lo contrario provocan, resulten incomedibles.
- d) La putrefacción de las materias orgánicas produce olores y condiciones desagradables, quizá hasta el extremo de afectar adversamente las propiedades del agua.

e) Hay una pérdida de fauna y vegetación.

f) Al contaminarse el agua que se utiliza como suministro potable, aparecen enfermedades gastrointestinales, etc.

Existen más condiciones desfavorable, que se pueden relacionar de forma indirecta al daño de los ecosistemas, la importancia de señalar los anteriores, es mostrar que los ecosistemas están siendo dañados por el mal manejo del agua residual, y que los ecosistemas son el medio donde se extraen los recursos naturales que han permitido al ser humano su subsistencia y progreso.

Cuando se atiende el problema de las aguas residuales, se atenúan o se desaparecen algunos de los efectos ya mencionados, al incorporar el cuidado y protección de la naturaleza se logra completar un modelo de crecimiento integral que beneficia a toda la población; se obtiene un bienestar social que puede traducirse como desarrollo, en el que existen condiciones de vida aceptables, economías altas, salud, ingresos, etc.



### **3. Metodología para la valoración de los efectos del agua residual.**

Las descargas de aguas residuales en nuestro país vertidas a los ríos, cuerpos de agua y a cielo abierto, generan efectos, que en su recorrido causan diversos problemas, tales como: la pérdida de biodiversidad florística y faunística; la contaminación del suelo, aire y mantos freáticos; malestares en la salud de la población; en costos de limpieza, la pérdida de calidad y cantidad de este líquido, entre otras, es decir, sus efectos caen en los diversos subsistemas biofísico, sociocultural, económico, político-administrativo y técnico. En este sentido, se requiere tratar el problema de agua residual bajo un enfoque multidisciplinario, como lo trata el enfoque teórico del desarrollo local sostenible.

Es lógico que el DLS parta de un estudio a escala territorial local, por lo que para comenzar con la investigación se delimitó nuestra zona de estudio en base a la formación de una cuenca hidrológica, esta estuvo determinada por la morfología del terreno próximo a las localidades de nuestro interés; San Pedro Atlapulco, Guadalupe Victoria y San Miguel Almaya, a la que se le llamó cuenca Arroyo el Muerto debido al nombre del arroyo principal con el mismo nombre, en el que confluyen todos los escurrimientos provenientes de las distintas elevaciones del relieve. Así mismo para alcanzar una visión integral de la situación de las aguas residuales en la cuenca Arroyo el Muerto y generar estrategias que coadyuvan a la resolución de su problemática, cumpliendo con los objetivos mencionados en un principio, fue necesario hacer uso de las primeras fases del proceso de planeación territorial como instrumento metodológico general (diagnóstico, prospectiva e instrumentación).

#### **3.1 La planeación territorial como herramienta metodológica para la formulación de propuestas**

La planeación territorial tiene sus orígenes en las teorías de administración, las cuales pretendían tener un manejo controlado y una optimización de los recursos humanos y financiero, con el paso del tiempo y la necesidad de cuidar, aprovechar, y administrar

los recursos medioambientales el concepto evoluciono alcanzado enfoques multidisciplinaarios.

*“La planeación territorial se entiende como una herramienta dirigida a la ordenación del territorio sobre la base de un análisis técnico, un consenso ciudadano y un compromiso político. El objetivo es la organización de la ocupación del suelo, respetando y garantizando un desarrollo humano sostenible” (Mundet, 2007:23)*

De esta definición podemos inferir que la planeación territorial es un proceso, en el que existen varias fases, como es un diagnóstico, una prospectiva y una instrumentación, refiriéndose a esta última al carácter político, a las estrategias que integran los planes, programas y proyectos.

También se encuentra lo que se ha mencionado en muchas ocasiones, la necesidad de involucrar varios aspectos del medio ambiente para mejorar el desarrollo humano a través de la ordenación del territorio, los ordenamientos territoriales son el principal instrumento para alcanzar los objetivos, pues estos provienen de los estudios detallados de las zonas de estudio, y en ellos pueden mostrarse las estrategias que permiten su aplicación.

Es por esta razón que se consideró la planeación territorial como eje estructural en el desarrollo de esta investigación. Es necesario resaltar, que la definición anteriormente citada es de gran utilidad puesto que refleja las fases del proceso de planeación que son utilizadas en esta investigación.

Luego de haber delimitado nuestra zona de estudio se elaboró un diagnóstico; una descripción de las características económicas, sociales, territoriales y ambientales de la cuenca arroyo El muerto, según Zury y William (2004) El diagnóstico es un estudio previo a todo proyecto, este consiste en la recopilación de información, su ordenamiento, interpretación y obtención de conclusiones y / o hipótesis, consiste en analizar un sistema y comprender su funcionamiento.

Pues bien más que la simple descripción de nuestra zona de estudio, se elaboró una lista y un análisis de las problemáticas, en particular se identificó la situación del agua residual como causa directa e indirecta de otros problemas. También se identificaron las potencialidades del territorio delimitado, esto nos permitió hacer un balance entre carencias y abundancias, el cual fue utilizado para crear las estrategias de uso y manejo de aguas residuales.

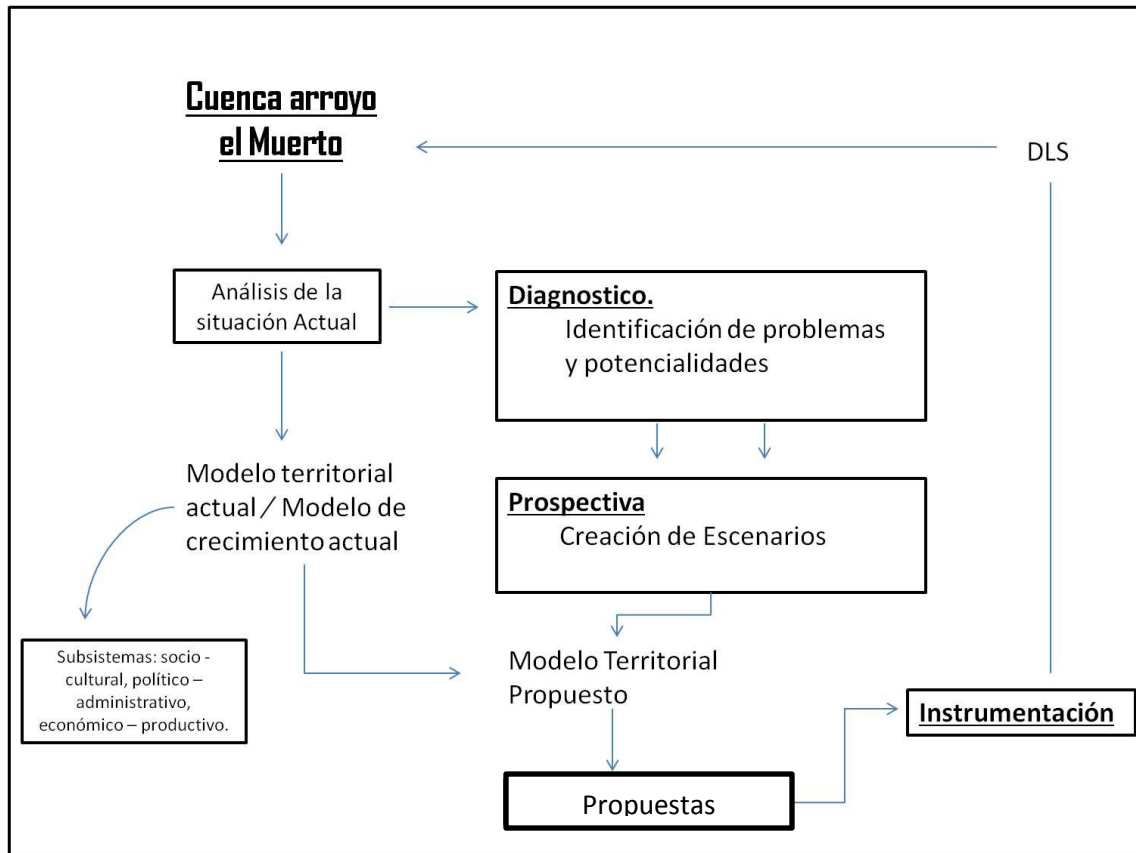
Posteriormente se elaboró la prospectiva, una serie de proyecciones de población y escenarios tendenciales, se partió de la idea de que el pasado y presente condicionan el futuro, que el porvenir del planeta es desconocido y no puede ser deducido con ecuaciones matemáticas simples, que tampoco es absolutamente independiente y no está sujeto al azar.

*“La Prospectiva es el estudio de las causas científicas, técnicas económicas, políticas, sociales y culturales que aceleran la evolución del mundo moderno” (Tobar, 2006:49).*

La prospectiva es desarrollar las interrogantes del presente en relación al futuro, a través herramientas concretas e informaciones clave para la planeación. Para esto existen dos alternativas, el análisis y proyección de las tendencias y la construcción de escenarios. La prospectiva es una herramienta de la planeación territorial, la cual permite generar una visión del futuro, a través de la construcción de escenarios alternativos.

Finalmente basándose en el diagnóstico y la prospectiva se elaboró una serie de estrategias encaminadas al adecuado manejo de las aguas residuales, esto como parte de la instrumentación en el proceso de planeación puesto que se requerirían más recursos de tiempo y financieros para continuar con la evaluación y control de las estrategias propuestas.

Esquema IV. Análisis de la cuenca arroyo el Muerto bajo la perspectiva de la planeación territorial



La naturaleza del problema de la Cuenca determino examinarla bajo un enfoque sistémico; es decir, abordarla bajo los diversos subsistemas biofísico, sociocultural, económico, político-administrativo y técnico para tener la percepción del todo, y de esa manera, aproximarse a dar respuestas más cercana a las necesidades y demandas del sistema, para esto se plantean las siguientes interrogantes, ¿Qué efectos medir y cómo medirlos?

### 3.2 Indicadores para la valoración de los efectos de las aguas residuales en el desarrollo local sostenible

Según (Gallopín, 1997) los indicadores pueden ser definidos como variables que deben conceder información sobre la condición y/ o tendencia de un atributo considerado como relevante en un sistema. Existen indicadores cuantitativos y cualitativos, los

cuales proporcionan información para el proceso de toma de decisiones, en este sentido a fin de precisar los efectos del agua residual en el DLS se generó una serie de indicadores de ambos tipos, los cuales estuvieron definidos en base a criterios expuestos en el diagnóstico y relacionados con los distintos subsistemas, es importante señalar que se encontraron dificultades para encasillar los indicadores puesto que muchas veces éstos, reflejan varias propiedades no solo en un subsistema, sino también en los otros.

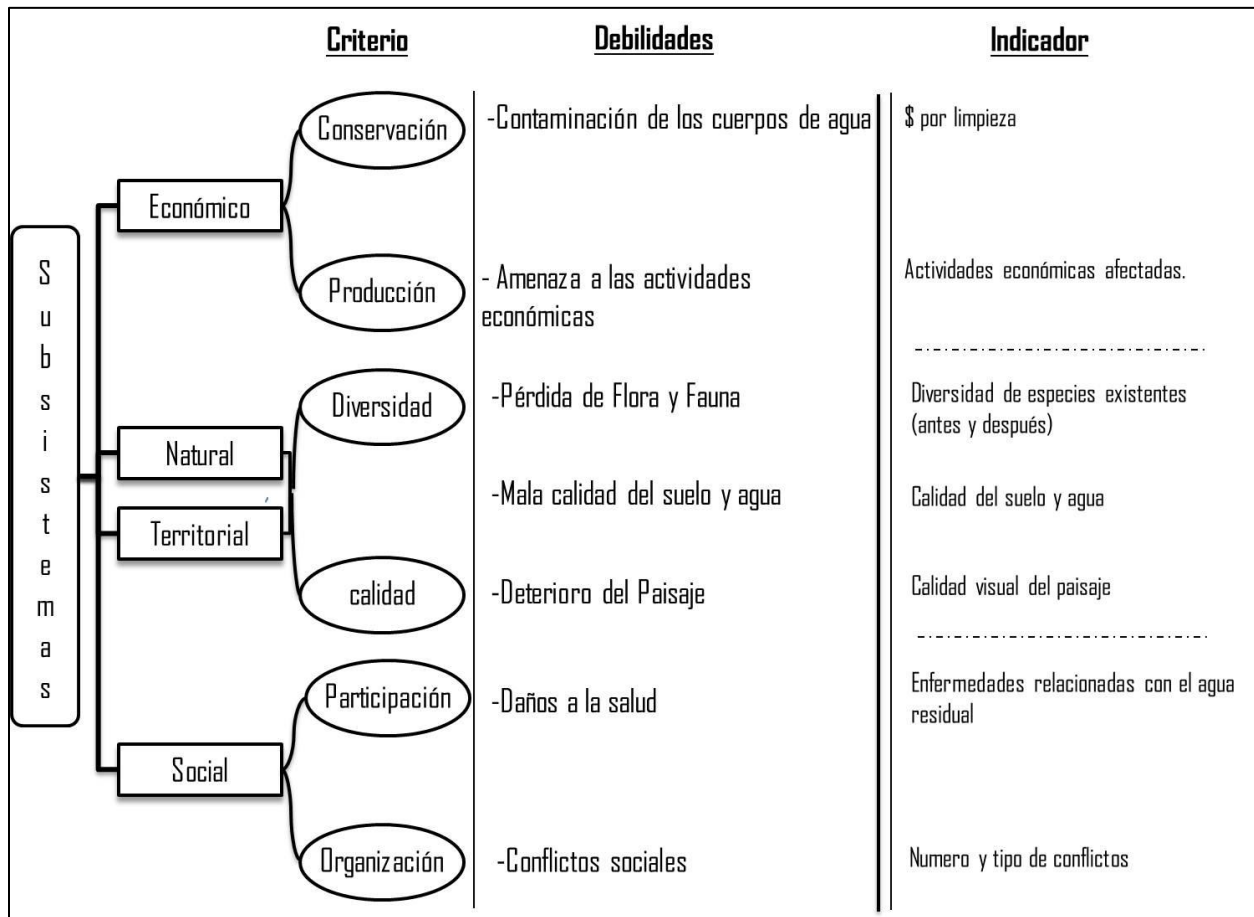
Dentro de la metodología específica para la valoración de los efectos de las aguas residuales en el DLS se incluye una serie de variables e indicadores que fueron de utilidad para dimensionar la magnitud del problema y hallar una solución eficiente. Los supuestos que fundamentan este método parten de reconocer que los efectos de las aguas residuales muestran: A) un problema complejo de relaciones que incluyen intereses de los actores (autoridades locales, organizaciones vecinales y comuneros); expresos en la toma de decisiones, la participación directa e indirecta de instancias político administrativas de diversos ámbitos de gobierno y de sectores de la economía. B) un tratamiento en su definición, comprensión, explicación e incidencia en la solución interdisciplinaria, interinstitucional e intersectorial y; C) una intervención integradora de experiencias locales, organización local y perspectivas de los diversos actores para hacer propia cualquier elección para reducir los efectos.

El desarrollo de la parte metódica estuvo dirigido mediante los siguientes pasos:

- 1) Revisión cartográfica de la zona en diversas escalas, ello permito tener una visión general del comportamiento natural y el peso de las descargas por los asentamientos humanos y actividades que se realizan en la trayectoria natural de los cuerpos de agua. El análisis sincrónico y diacrónico en los usos del suelo es un referente de estos impactos y constituyo una serie de elementos que permitieron identificar algunas transformaciones en la zona de estudio con respecto al pasado
- 2) Identificación de efectos probables con base a estudios sobre los impactos de las aguas residuales, así como según los usos y manejo del agua de la Cuenca Arroyo el Muerto.
- 3) Definición de los indicadores de los efectos generados por las aguas residuales en el DLS de una zona local con respecto a su ubicación. Debido a que nuestra zona de

estudio es una micro cuenca, que a pesar de que se encuentra en un ámbito rural con relación al tamaño de su población; su localización se encuentra amenazada por el crecimiento urbano de dos zonas metropolitanas; y forma parte de una de las cuencas más contaminadas del país.

**Esquema V. Formulación de Indicadores a partir de debilidades, atributos y criterios de diagnóstico.**



Fuente: Elaboración propia con base a información de campo.

En la revisión se destacaron diferentes variables e indicadores que se miden para valorar los efectos del agua residual, se lleva un análisis comparativo donde se discriminaron variables según la accesibilidad de datos que hay en el caso de estudio, los atributos de las problemáticas asociadas a las aguas residuales encontradas en el diagnóstico representan un nivel de análisis más detallado, pero más general que los indicadores anteriormente expuestos, este vínculo permitió evaluar los efectos de las aguas residuales en el DLS

**Tabla I. Efectos del agua residual en el DLS, indicadores, formas y unidades de medición.**

<b>Criterio</b>	<b>Efecto en el DLS</b>	<b>Indicador</b>	<b>Forma de medición</b>	<b>Unidad</b>
<b>Económico</b>	Contaminación de cuerpos de agua	Costo por limpieza: -Renta de Maquinaria -Personal empleado	Encuesta  Consulta de datos a los agentes locales	\$ utilizados en la limpieza  Tiempo empleado en la limpieza
	Amenaza a actividades económicas	Limitación de las actividades económicas	Encuestas  Entrevistas de percepción	Actividades económica
<b>Natural / Territorial</b>	Deterioro del paisaje natural	Percepción cualitativa  Tasa de cambio de usos de suelo	Mediciones de campo  Análisis a través de Sistemas de Información geográfica  Entrevistas de Percepción	Percepción visual del paisaje  Tasa de cambio de usos de suelo
	Perdida de flora y fauna Acuática	Resiliencia de los ecosistemas	Encuestas  Muestreos en campo	Nº y tipo de especies de flora y fauna extintas
<b>Social</b>	Calidad del agua	Indice compuesto	Mediciones en campo  Análisis de laboratorio	Límites permisibles
	Daños en a la salud	Enfermedades como causa del mal manejo de aguas residuales	Encuestas  Muestreos en campo	Nº de enfermedades gastrointestinales
	Conflictos sociales	Disputas y/o problemas con respecto al manejo de aguas residuales	Encuestas	Número y casos de conflictos.

Fuente: Elaboración propia con base a información de bibliografía referenciada en documento.

## Capítulo II. Situación del agua residual en México

---

En este capítulo se describe la situación actual del agua residual en México, su origen, su manejo y los principales problemas que genera en el ambiente. También se muestra una revisión bibliográfica de algunos casos de estudio en materia de aguas residuales con el objetivo de tener un panorama general de cómo ha sido abordado este tema desde diversas perspectivas, desde la normatividad que regula las actividades con relación a la planeación territorial y el uso y manejo del agua.

El propósito de este capítulo es resaltar la importancia del tratamiento y uso de las aguas residuales en la agricultura y en las actividades domésticas como un proceso productivo que influye y se intensifica día a día en la reconfiguración del espacio mexicano mediante una vinculación de lo rural – urbano, es decir; el mal uso y disposición final de estas aguas representa un problema para el desarrollo de las ciudades y de las comunidades.

### **1. Contexto hidrológico de México.**

El proceso de urbanización y el acelerado crecimiento de la población son el punto de partida para el desarrollo de la sociedad humana y del medio en que se desenvuelve. México ha vivido un proceso de urbanización heterogéneo, que se caracteriza por la elevada concentración de zonas urbanas en algunos puntos, como es el centro y norte del país, en estas zonas se concentra la mayor parte de actividades económicas.

La dinámica económica actual ha originado una reorganización del espacio rural caracterizada por desequilibrios económicos e inequidad en la distribución de servicios públicos dando origen a problemas sociales como segregación, marginación y pobreza, todo esto producto de la lógica capitalista. Estos nuevos espacios han crecido a pasos agigantados impidiendo tener un control sobre los distintos factores que han dado paso a su origen.



*“Los factores que intervienen en la dinámica de cambios de la organización y la lógica territorial son, entre otros: nuevos patrones de consumo, un nuevo paradigma tecnológico, nuevas formas de competir y factores de localización, nuevos sistemas de producción, nuevas formas de organización de la producción, nuevas funciones del espacio rural, nuevas estrategias de reproducción y cambios en los patrones demográficos” (Arias y otros en Ramón, 2009:44)*

Todos estos factores antes mencionados han contribuido a los nuevos fenómenos de transformación estructural y recomposición social que han tenido una fuerte influencia en la expansión y configuración de los territorios. También han provocado que la población del sector primario se traslade a los principales polos de desarrollo o a sus orillas, en este caso las ciudades y/o metrópolis para desarrollar actividades de carácter agropecuario. Sin embargo este tipo de actividades se han visto comprometidas debido a la disponibilidad de recursos hídricos que requieren tanto las actividades en el sector primario, como las actividades que se realizan en las grandes metrópolis y centros urbanos.

Ramón (2009), afirma que un elemento relevante, que surge en este contexto, es el vínculo rural/urbano que ha generado un conjunto de estrategias de reproducción social entre los grupos sociales vulnerables, donde se destacan las actividades agropecuarias en áreas urbanas y periurbanas, algunos otros elementos que es pertinente abordar son el aumento de la población y la disponibilidad de agua para el desarrollo de las actividades mencionadas, así como su uso en áreas rurales tradicionalmente productoras de rubros agropecuarios

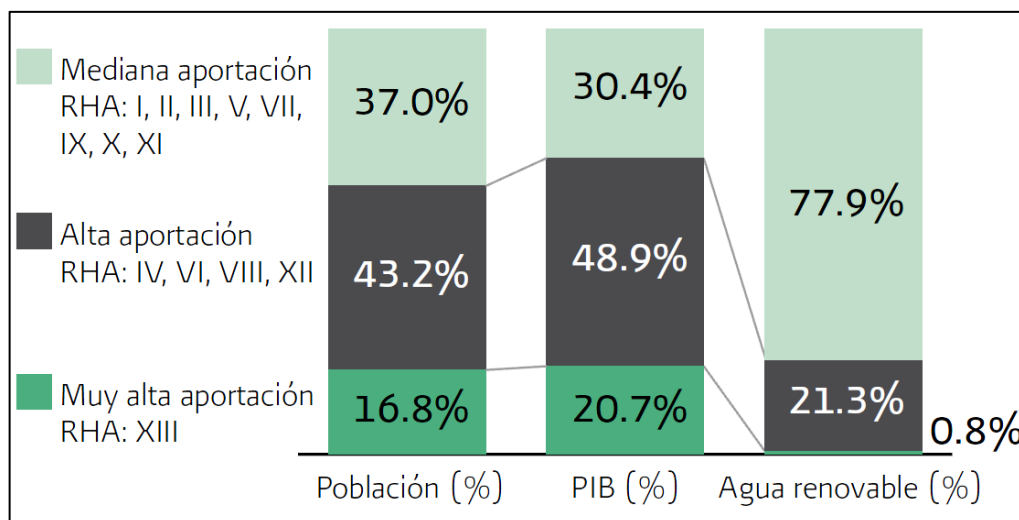
Según datos del Censo de Población y Vivienda 2010; la población total de México es de 112,336,000 habitantes, el 78% habita en zonas urbanas y el 22% en zonas rurales, cabe mencionar que el 36% de la población habita en las 5 zona metropolitanas, concentradas en el centro del país en su mayoría.

En el año 2005, de los 29 centros de población existente en el país con más de 500.000 habitantes, sólo 26 se consideran zonas metropolitanas (ZM) por abarcar más de un municipio. En las zonas metropolitanas de Valle de México (19.24 MM),

Guadalajara (4.10), Monterrey (3.66), Puebla-Tlaxcala (2.11) y Toluca (1.61), se concentran 33,166,682 habitantes (CONAGUA, 2008).

En el 2007 el país se dividió en dos grandes zonas: la zona norte, centro y noroeste, donde se concentra el 77% de la población, se genera el 87% del PIB, pero sólo dispone del 31% del agua renovable; y la zona sur y sureste, donde habita el 23% de la población, se genera el 13% del PIB y dispone del 69% del agua renovable. Para el 2011 se hace una nueva clasificación en la que se incluyen diferentes regiones hidrológicas administrativas RHA en una misma categoría para mostrar el contraste regional en cuanto a disponibilidad hídrica, presión demográfica y producción total.

**Gráfica I. Contraste regional entre desarrollo y agua renovable.**



Fuente: CONAGUA 2011

En la gráfica número I se aprecia la aportación del PIB en comparación a la disponibilidad de agua renovable y el total de población. Es importante señalar que dentro del conjunto de regiones hidrológicas administrativas que se incluyen en la categoría de mediana aportación se encuentran gran parte de los estados del sur, la de alta aportación comprende territorio del centro y norte del país. La Región hidrológica XIII abarca el territorio central de la República Mexicana, está conformada en su mayoría por la zona metropolitana del valle de México y territorios aledaños. La gráfica nos permite concluir que en la RHA XIII, cuya población representa la cerca de la quinta parte de la población nacional y su aportación al PIB es relativamente mayor,

solo se cuenta con un total de 0.8% de agua renovable, lo cual sugiere un obstáculo para el desarrollo, considerando que el agua es un recurso indispensable para realizar las actividades económicas y domésticas.

**Tabla II. Dinámica Poblacional de México.**

<b>Población de México de 1990 a 2010 (millones de habitantes)</b>					
<b>Población</b>	<b>Año</b>				
	1990	1995	2000	2005	2010
<b>Rural</b>	23.73	24.16	24.71	24.28	24.7
<b>Urbana</b>	62.73	67.25	72.98	79.2	87.6
<b>Total</b>	86.46	91.41	97.69	103.48	112.3

Fuente: Elaboración propia con base en datos del censo de población y vivienda, INEGI 2005.

Como se puede apreciar en la tabla número II, predomina la población urbana además de que la tendencia de crecimiento es de seis millones aproximadamente por cada cinco años. El principal problema de la concentración urbana en el centro del país es el déficit de agua que se encuentra, al año 2004, la disponibilidad natural de agua por habitante en el país fue de 4 mil 505 m<sup>3</sup> anuales. La menor disponibilidad per cápita (188 m<sup>3</sup>/hab) se registró en la región del Valle de México, donde se ubica la aglomeración poblacional más importante del país, la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, en contraste con Chiapas donde la disponibilidad natural per cápita fue de 24 mil 549 m<sup>3</sup> al año, con la precipitación más abundante y una densidad poblacional no tan alta (INEGI, 2010). En México los usos del agua conforman un sistema complejo por su disponibilidad y las diferentes fases que se desarrollan alrededor de ella (genera procesos de negociación, subordinación, conflictos y cooperación).

La Comisión Nacional de Agua (CONAGUA) estima que para el año 2030, en algunas de las regiones hidrológico-administrativas del país, la disponibilidad natural media de agua alcanzará niveles cercanos o incluso inferiores a los 1.000 m<sup>3</sup>/hab/año, es decir una condición calificada como grave. Las zonas metropolitanas más importantes del país son parte de los mencionados territorios, se estima que las presiones

demográficas y la dinámica económica incrementen aún más la incertidumbre por la sobreexplotación de los acuíferos, que para el año 2006 sumaban 104 (16% del total). Estas tendencias han generado un contexto en el que

*“... las agriculturas urbanas/periurbanas y las tradicionales que se desarrollan en cercanías a las zonas metropolitanas, se están viendo obligadas a reformular sus estrategias de reproducción para mantener su actividad productiva, siendo la principal estrategia el uso de aguas residuales”*  
(Pacheco, 2007 en Ramón 2009; 69)

De ahí la importancia de tratar el problema de insuficiencia del agua, no solo desde su extracción, si no en todas las fases por las que pasa mientras es usada para generar un servicio o bien, para lo cual es indispensable tomar en cuenta la necesidad de tratar las aguas negras antes de su reincorporación a los cuerpos de agua naturales o al subsuelo.

#### 1.1 México y el tratamiento de aguas residuales

Uno de los principales problemas en la crisis de las actividades urbanas y rurales en México se relaciona con la disponibilidad de agua para el desarrollo de las actividades diarias en las viviendas, comercios, servicios e industria. Conseguir nuevas fuentes de agua se convierte en una tarea cada día más difícil, dado que la población aumenta y demanda este recurso en las ciudades y el campo por igual. Aunado a esto la falta de sistemas de drenaje y de plantas de tratamiento agudizan el problema en zonas urbanas y rurales, también es necesario mencionar que de la infraestructura existen para ocuparse de esta problemática, no toda es eficiente y/o operable.

*“A nivel urbano, el desperdicio del vital líquido tanto por los consumidores directamente como en las tuberías dañadas y muebles sanitarios ineficientes o en mal estado, representa solamente una parte del problema; la contaminación de las aguas usadas tanto en los domicilios como en procesos industriales es otra, y la falta de opciones para su disposición cierra el círculo. Así, poca o mucha el agua se utiliza, y contaminada o no, se envía al drenaje en donde se mezclan diversas calidades de este líquido, para terminar*

*reincorporándose -generalmente sin ningún tratamiento- a algún cauce natural.” (Lahera, 2010:61)*

La disponibilidad de agua potable día a día disminuye debido a su contaminación por diversos medios incluyendo los mantos acuíferos, esto representa un desequilibrio ambiental económico y social. Se considera que el agua está contaminada cuando se ven alteradas sus características químicas, físicas, biológicas o su composición, por lo que pierde su potabilidad para consumo diario o para su utilización en actividades domésticas, industriales o agrícolas.

Las aguas residuales se definen como aguas de composición variada provenientes de las descargas de usos municipales, industriales, comerciales, de servicios, agrícolas, pecuarios, domésticos, incluyendo fraccionamientos y en general de cualquier otro uso, así como la mezcla de ellas (Rodríguez y Duran en Romero y otros, 2009). En la siguiente tabla se muestra la descarga de aguas residuales en México durante el año 2007.

**Tabla N° III Descarga de Aguas Residuales 2007**

<b>Aguas residuales</b>	<b>Centros Urbanos (Descargas Municipales)</b>	<b>Descargas no municipales incluyendo a la industria</b>
<b>No tratadas</b>	7.63 km <sup>3</sup> /año(242m <sup>3</sup> /s)	5.77km <sup>3</sup> /año (183m <sup>3</sup> /s)
<b>Tratadas</b>	2.35km <sup>3</sup> /año (74.4m <sup>3</sup> /s)	0.87Km <sup>3</sup> /año (27.7m <sup>3</sup> /s)

Fuente: CONAGUA 2007

Como se puede observar en la tabla número III la cantidad de aguas residuales tratadas con respecto a la cantidad de aguas residuales no tratadas es muy poca, para los centros urbanos o descargas municipales, existe una relación del 76.6% de aguas no tratadas a un 23.5 % de aguas tratadas, en el caso de las aguas residuales industriales la relación es de 87% a 13% “en México, se generan alrededor de 200m<sup>3</sup>/seg. de aguas residuales, de las cuales reciben tratamiento solo el 36%, aun cuando se tiene capacidad para tratar el 41.2%.” (CONAGUA, 2007)

Tomando en cuenta la estrecha relación que lleva el crecimiento de la población y la disminución de los recursos hídricos potables, nace una creciente necesidad de regresar el agua que extraemos de la naturaleza en una condición aceptable para que siga su camino hidrológico de nuestro país y de nuestro planeta.

El manejo de los procesos que se utilizan para el tratamiento de aguas residuales ha sido un problema a través del tiempo al no tener claro el tipo de tecnología o de equipo que se necesita en determinado territorio, ya que no se tiene en cuenta la zona, la actividad económica, la situación financiera de las poblaciones y no se le da la suficiente capacitación a la comunidad para seguir con el mantenimiento de esta técnica.

Para tratar las aguas residuales domésticas o municipales, existen diversas tecnologías que varían desde las convencionales altamente mecanizadas, que demandan un gran consumo energético, hasta tecnologías ecológicas de bajo costo.

*“Los sistemas de tratamiento convencionales remueven los contaminantes, mediante procesos que consumen grandes cantidades de energía procedentes de combustibles fósiles, con tiempos de retención hidráulico cortos y requieren cantidades relativamente menores de terreno. Las tecnologías convencionales, son ventajosas para las zonas urbanas o en áreas en donde el costo del terreno representa una parte importante de los gastos de inversión.” (Zurita y otros, 2011)*

En México, los gobiernos de las distintas jerarquías y las personas o entes privados tiene la necesidad de incorporar en una determinada comunidad un tipo de tratamiento, (normalmente procesos de alto consumo energético) debido a los problemas que se generan con las aguas residuales y así, evitan problemas de salud pública, ambientales u otros; todo esto sin tener en cuenta la cantidad de personas que allí habitan, el tipo de terreno, la capacidad que tiene esta comunidad de apropiarse de dicho sistema y a la vez realizarle un mantenimiento adecuado para evitar futuros problemas de contaminación, ya sea de fuentes de agua superficiales, subterráneas, de suelos y del entorno, generando grandes complicaciones en la salud de la población.

En general, estos sistemas de tratamiento tienen elevados costos de construcción, operación y mantenimiento; sin embargo, se han utilizado ampliamente y seguirán utilizándose, para el tratamiento de las aguas residuales municipales en zonas densamente urbanizadas; por lo tanto, algunos aspectos negativos (además de sus altos costos), sobre su uso se hacen cada vez más evidentes.

Las tres consecuencias ambientales comunes a la mayoría de los sistemas convencionales son: a) el consumo de recursos no renovables que se están agotando con el tiempo, lo que limitará su disposición para las áreas de aplicación en las que son realmente insustituibles; b) la degradación ambiental asociada con la extracción y uso de combustibles fósiles, plásticos, concreto y reactivos químicos; y c) el destino de grandes cantidades de subproductos resultantes como el lodo generado (Kadlec y Knight, 1996 en Zurita 2011).

Es necesario resaltar que el tratamiento de las aguas residuales es una necesidad que tienen las sociedades, y que deben exigir a sus autoridades para proteger su medio ambiente y garantizar el bienestar humano, pues éstas configuran un peligro potencial para la salud pública, ya que a través de las mismas se pueden transmitir innumerables enfermedades; lo cual genera grandes impactos a la población y la economía de los países.

## 1.2. Planes, Programas y Proyectos para el Manejo de Agua Residual

En el marco de la administración federal 2006 – 2012 se ha trazado como objetivo central el desarrollo humano sustentable, mediante el Plan Nacional de Desarrollo 2007 – 2012, en el Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales y en el Programa Nacional Hídrico, se ha planteado como visión que para el año 2030 todas las aguas residuales serán tratadas. Los objetivos de este último son:

*“...que los mexicanos, tanto en las ciudades como en las comunidades rurales, cuenten con servicios adecuados de agua potable y alcantarillado; 2. Que las aguas residuales se traten y se reúsen; 3. Que nuestro sector productivo, incluyendo a la agricultura y a la industria, cuente con el agua que requiere; 4. Que todos utilicemos el agua de manera eficiente y paguemos lo*

*justo por su consumo; 5. Que preservemos nuestros ríos, lagos, acuíferos y humedales, para que exista en ellos agua limpia, a fin de garantizar el bienestar actual y futuro de los mexicanos, así como la conservación de nuestro medio ambiente” (CONAGUA, 2008:21)*

De esta forma el manejo adecuado y la preservación de los recursos hídricos adquieren un papel fundamental en el bienestar social, el desarrollo económico y la preservación de la diversidad ecológica de México

Dado que en El Valle de México y zona centro del país se concentra el mayor número de actividades económicas, y que el producto de éstas, el PIB, es el mayor a nivel nacional, además de concentrar un gran número de población, existe una sobreexplotación de mantos acuíferos e insuficiente capacidad de drenaje. Esta y otras razones son motivo de que CONAGUA tome en cuenta el desarrollo económico en la elaboración de programas de manejo de agua; en lo relativo al desarrollo económico, se valora la importancia del agua como su insumo en las actividades productivas; por ejemplo en la agricultura, la generación de energía eléctrica, el turismo y la industria.

Actualmente solo se sanea el 10% de las aguas negras o residuales producidas, existe muy poca conciencia de ahorro y uso eficiente del líquido, por estas razones se ha elaborado el **Programa de Sustentabilidad Hídrica del Valle de México** a través de la Comisión Nacional de Agua, órgano administrativo, normativo, técnico, consultivo y desconcentrado de la SEMARNAT.

Los objetivos de este programa son:

- La rehabilitación del sistema Cutzamala.
- El desarrollo de nuevas fuentes de abastecimiento de agua potable.
- Disminuir la sobreexplotación de los mantos acuíferos, con lo cual además se abatirá el hundimiento de la zona metropolitana.
- Tratar el total de aguas residuales del valle de México
- El saneamiento de cauces con aguas negras a cielo abierto
- Dar cumplimiento a la normatividad vigente en materia ambiental.
- Fomentar el uso eficiente y el ahorro de agua. (CONAGUA, 2007:21)



El programa de sustentabilidad hídrica del valle de México contempla también la construcción de varias plantas de tratamiento de aguas residuales; pero la más importante estará ubicada en Atotonilco de Tula, Hidalgo. Esta planta beneficiará a 700 mil personas en el valle de Mezquital, al sanear el 60% de las aguas residuales del valle de México tendrá la capacidad para tratar 35 mil m<sup>3</sup> de aguas residuales por segundo. En épocas de estiaje 23 m<sup>3</sup>/s y en épocas de lluvias, 12 m<sup>3</sup>/s adicionales. En conjunto, las plantas de tratamiento de aguas que se construyan, tratarán totalmente las aguas residuales de la cuenca del valle de México

A nivel Estatal, el Estado de México cuenta con un plan maestro para la restauración Ambiental de la Cuenca Alta del Río Lerma, cuyo objetivo central consiste en coadyuvar a la restauración ambiental de la (CARL) a través de las diversas actividades e indagaciones acerca de la problemática y acciones de restauración ambiental de manera que además de contar con diagnósticos que expliquen las diferentes variables que influyen en la CARL, se tenga con una cartera de anteproyectos que proporcionen soluciones a la problemática de la cuenca.

La Cuenca Alta del Río Lerma (CARL) presenta serios problemas de degradación en sus recursos naturales, entre los que destacan la pérdida de la cobertura vegetal y sus efectos inevitables en la diversidad biológica, desequilibrio hídrico y erosión de los suelos. Dicha degradación se debe a la falta de conciencia ambiental, escasos conocimientos técnicos para un manejo sustentable, mínimas inversiones para prevenirla o revertirla, propiciando fuertes cambios de uso de suelo principalmente de forestal a agrícola. Otros factores que han contribuido a la problemática ambiental existente, son la deforestación, incendios, plagas y enfermedades, pastoreos desordenados y malas prácticas de manejo. Así, la degradación de los suelos en la mayoría de las ocasiones se inicia con la alteración y pérdida de la cubierta vegetal, con lo que se reduce la infiltración del agua al subsuelo, se incrementan los escurrimientos superficiales y la erosión, el acarreo de sedimentos de las partes altas y medias a las partes bajas, que ocasionan efectos negativos como el azolvamiento de la infraestructura hidráulica y desbordamientos e inundaciones que se traducen en

pérdidas sociales y económicas. (Secretaría del Medio Ambiente del Estado de México, 2008)

Derivado de esta problemática, se ha generado un anteproyecto para cooperar con el plan maestro, este anteproyecto centra sus objetivos y acciones en la región LERMA 2, La Región 2 Lerma abarca territorio de los municipios de Almoloya del Rio, Atizapán, Capulhuac, Lerma, Ocoyoacac, Oztolotepec, Texcalyacac, Tianguistenco, Xalatlaco y Xonacatlán, en su conjunto representan el 10.7% del área de la CARL, con una superficie de 53,766.9 ha distribuidas en 7 micro cuencas.

Dentro de los efectos causados por la alteración y pérdida de la cubierta vegetal en la región, se tienen una reducción en la infiltración del agua al subsuelo, un incremento en la erosión hídrica (de 1980 a 2008, aumentó 13.6%), azolvamiento de cauces e infraestructuras hidráulicas y la presencia de deslaves e inundaciones de manera frecuente en 4 de sus 37 localidades. (Secretaria del Medio Ambiente del Estado de México, 2008)

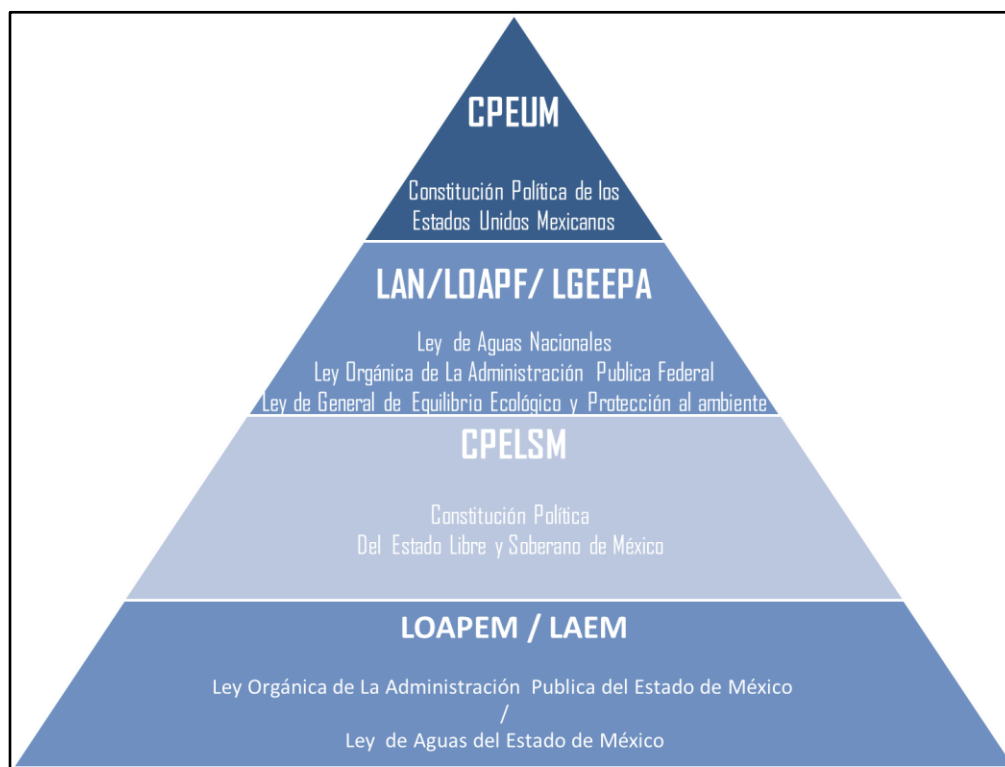
Las obras y prácticas de conservación de suelo y agua propuestos en la Región 2 Lerma, beneficiarán a 142,667 personas, solucionando así de forma integral los problemas de las localidades. Por último cabe mencionar que en este proyecto los principales actores son “a nivel federal, a la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), a la Comisión Nacional de Agua(CONAGUA), a la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), a la PROFEPA, a la Secretaría de Agricultura, Pesca y Alimentación (SAGARPA) y a la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP). A nivel estatal, a la Secretaría del Medio Ambiente del Estado de México (SMAEM), a la Comisión del Agua del Estado de México y la CAEM, a la Secretaría de Desarrollo Agropecuario y PROBOSQUE. A nivel municipal a los H Ayuntamientos y además, a los Prestadores de Servicios Profesionales (PSP's)”. (Secretaria del Medio Ambiente del Estado de México, 2008) Obteniendo así beneficios de carácter ambiental, social y económico, pues sus aportes se observarán en la disminución de la pérdida de suelo, el incremento en la cobertura vegetal, la estabilización del régimen hídrico, la mayor recarga de los acuíferos, la mejor calidad del aire y de vida para las

personas, con la disminución del riesgo por inundaciones, con la reincorporación de aéreas a actividades productivas que serán fuentes de empleo, y por último con la reducción de los costos ocasionados por el mantenimiento de drenajes e infraestructura hídrica.

## 2. Marco legal en materia de planeación territorial y uso y gestión en el manejo de aguas residuales.

Con el propósito de sustentar jurídicamente la importancia de este documento, en este subcapítulo se muestra una revisión bibliográfica de las Leyes, normas y reglamentos que regulan las actividades en relación a la planeación territorial y el uso y manejo del agua. Cabe señalar que el análisis de esta legislación se aborda a nivel federal, estatal y municipal, contemplando las normas, leyes y reglamentos así como los tratados internacionales bajo un orden jerárquico que propone la pirámide de Hans Kelsen

Esquema VI. Pirámide de Kelsen: Jerarquía de leyes, tratados, normas y reglamentos que regulan la normatividad en materia de planeación territorial y manejo del agua.



En materia jurídica, se reconoce como un punto central para lograr la gestión eficaz del agua que los gobiernos faciliten el reajuste de las condiciones económicas y

financieras, incluida la fijación del precio de los servicios hídricos en función del costo total de los mismos, teniendo en cuenta los mecanismos apropiados para proteger a los sectores pobres.

También se señala la importancia de que el agua se trate como un bien económico y que los gobiernos fijen precios para el agua, introduzcan penalizaciones por contaminación y, en condiciones de escasez, formalicen y aclaren los derechos de propiedad, se establece asimismo que los mecanismos para fijar precios de los servicios hídricos en función del costo total deben estar en marcha para el año 2015 en todos los países. (CONAGUA, 2008).

## 2.1. Marco legal en materia de uso y manejo del agua

### 2.1.1 Legislación federal

El marco jurídico que regula el uso y aprovechamiento de los recursos hídricos, se encuentra en los ordenamientos jurídicos que se describen a continuación en el orden jerárquico propuesto en la pirámide de Kelsen<sup>4</sup>.

Brañes (2000) menciona que en el **artículo 27** de la Constitución Política de los Estados Unidos se establecen tres condiciones básicas en relación a la pertenencia, explotación y administración del agua: que la propiedad de las aguas que están dentro de los límites del territorio nacional corresponde originariamente a la Nación; que este dominio de la nación sobre las aguas nacionales es inalienable e imprescriptible, y que la Nación ha tenido y tiene el derecho de transmitir su dominio a los particulares, sólo mediante concesiones o asignaciones otorgadas por el Ejecutivo Federal, de acuerdo con las reglas y condiciones que establezcan las leyes. Por ello, la Constitución faculta al Congreso de la Unión para expedir leyes sobre el uso y aprovechamiento de las aguas de jurisdicción federal (artículo 73, fracción XVII).

---

<sup>4</sup> La pirámide de Kelsen, es un método jurídico estricto mediante el cual se categorizan las diferentes clases de normas ubicándolas en una forma fácil de distinguir cual predomina sobre las demás.

La descentralización y desconcentración de los servicios permite una mayor cobertura, por lo que el La Constitución de los Estados Unidos Mexicanos en su **artículo 115** establece que

*“... los municipios tendrán a su cargo los servicios públicos de agua potable, drenaje, alcantarillado, tratamiento y disposición de sus aguas residuales”*

En los artículos 4, 73 y 89 de este ordenamiento se señalan la importancia de la prestación, explotación, uso y aprovechamiento de los recursos acuíferos de nuestra nación.

En términos de leyes encontramos que la **Ley de Aguas Nacionales** (LAN), distingue y señala los usos y atribuciones de las autoridades en términos de explotación, manejo y distribución de los recursos hídricos; además, en esta ley, se incorpora por primera vez el criterio ambiental para condicionar el aprovechamiento del agua al criterio de sustentabilidad.

El **artículo 18** de la Ley de Aguas Nacionales establece que

*“Las aguas nacionales del subsuelo podrán ser libremente alumbradas mediante obras artificiales, salvo cuando por causas de interés o utilidad pública el Titular del Ejecutivo Federal establezca zona reglamentada, de veda o de reserva o bien suspenda o limite provisionalmente el libre alumbramiento mediante acuerdos de carácter general.(LAN, 2012)*

Con el párrafo anterior se sustenta la necesidad de establecer un control de explotación de los recursos naturales en zonas importantes de infiltración del agua, además de promover el equilibrio entre el crecimiento demográfico y la conservación de la biodiversidad y los recursos naturales como el agua

Concerniente a la explotación y concesión de los servicios públicos, el **artículo 20** de esta ley señala que de

“...conformidad con el carácter público del recurso hídrico, la explotación, uso o aprovechamiento de las aguas nacionales se realizará mediante concesión o asignación otorgada por el Ejecutivo Federal a través de "la Comisión" por medio de los Organismos de Cuenca, o directamente por ésta cuando así le competa, de acuerdo con las reglas y condiciones que dispone la presente Ley y sus reglamentos. Las concesiones y asignaciones se otorgarán después de considerar a las partes involucradas, y el costo económico y ambiental de las obras proyectadas.” (LAN, 2012)

Dando pauta a la creación de organismos encargados de la vigilancia y control de la explotación de los recursos se podrán otorgar concesiones de explotación del agua a particulares, pero con un rígido control, ya que estos son los que sobre explotan los mantos acuíferos pues sus intereses económicos están sobre todas las cosas.

#### 2.1.2. Legislación en el Estado de México.

La Constitución Política del Estado Libre y Soberano de México, en su **artículo 18** señala la responsabilidad del estado de procurar el desarrollo integral de los pueblos y personas, basado en el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, cuidando la integridad de los ecosistemas, fomentando un justo equilibrio de los factores sociales y económicos, de manera que no se comprometa la satisfacción de las necesidades de las generaciones futuras.

*“Las autoridades ejecutarán programas para conservar, proteger y mejorar los recursos naturales del Estado y evitar su deterioro y extinción, así como para prevenir y combatir la contaminación ambiental. Para la protección de los recursos hídricos” (CPELSM, 2012)*

Con estas acciones se promueve la conservación y restauración del medio ambiente, sin embargo hay una ausencia de elementos coercitivos que ayuden al correcto

cumplimiento de estas leyes y por tanto el cumplimiento de los objetivos planteados en los Planes de Desarrollo.

Otro aspecto que determina considerablemente la calidad del agua y de los cuerpos hídricos son las descargas de aguas residuales, un aspecto que aún no es atendido de la forma correcta, la legislatura del Estado establece en La Ley de Agua del Estado de México

“...la existencia de un organismo en materia de agua, integrado por un Comisionado Presidente aprobado por la Legislatura a propuesta del Gobernador, por representantes del Ejecutivo del Estado, de los municipios y por ciudadanos, el cual regulará y propondrá los mecanismos de coordinación para la prestación del servicio de agua potable, alcantarillado, saneamiento, tratamiento y disposición de aguas residuales y, en general, el mejoramiento de la gestión integral del agua en beneficio de la población.” (LAEM, 2012)

Si bien la cobertura de drenaje es un servicio indispensable para la población en general, también el tratamiento de las aguas residuales, pues es un problema que afecta de forma imparcial en todos los aspectos de la sociedad, territorio y ambiente, por esta razón es tarea de las autoridades brindar servicios de captación y administración y tratamiento de los recursos naturales hídricos para la satisfacción de las necesidades de la población.

*El artículo 19 de esta Ley dispone que “Los recursos cuya captación y administración corresponda a las autoridades, se aplicarán adecuadamente en la atención y solución de las necesidades de los habitantes, para lo cual las leyes de ingresos y los presupuestos de egresos del Estado y de los municipios, estarán orientados a la asignación prudente de tales recursos, considerando criterios de proporcionalidad y equidad en la distribución de cargas y de los beneficios respectivos entre los habitantes.”*

El agua es un recurso natural indispensable para la vida humana y para la realización de la mayoría de las actividades cotidianas que día a día se agota, por esta y algunas

otras razones el presupuesto para el tratamiento de aguas residuales, el rescate de cuerpos de agua y la declaratoria de zonas de veda no debería de escatimarse.

Aunado a esto en su **artículo 13**, la Ley de Agua del Estado de México señala las principales atribuciones del ejecutivo del estado, entre las cuales se encuentran: la emisión de declaratorias de cuerpos de agua sujetos a esta ley y su reglamento, la reglamentación de la explotación de los recursos hídricos, la fijación de las reservas de aguas de jurisdicción estatal y el establecimiento de la política hidráulica

Como se describe anteriormente, la explotación de los recursos hídricos está a cargo del Ejecutivo Federal, sin embargo con las concesiones emitidas por éste se reconocen algunos derechos de propiedad al capital privado sobre éste tipo de recursos, por lo que es necesario reforzar y vigilar la legislación en materia de descarga de aguas residuales para las empresas, pues como en un principio se mencionó, el sector privado solo busca la racionalidad del beneficio económico, sin importar los daños al ambiente que pueda causar.

## 2.2. Marco legal en materia de planeación territorial.

En el territorio nacional, el interés por la dimensión regional en cuanto al ordenamiento territorial y el desarrollo sustentable, ha cobrado mayor importancia a partir de la década de los 80's, cuando se institucionaliza la planeación como un instrumento de desarrollo. El proceso de planeación tiene como principal instrumento al ordenamiento territorial” no obstante este, es regulado por un conjunto de leyes de carácter orgánico, que algunas veces representan una limitante legal a las actuaciones sobre la propiedad privada, y a la afectación de recursos naturales.

Si bien es cierto que el ordenamiento territorial articula una serie de mecanismos para controlar la ocupación y uso del territorio, este no ha sido eficiente en la evaluación de los impactos que causan las actividades económicas sobre el territorio y el ambiente, ni tampoco en la eliminación de problemas que afectan a la sociedad, a la configuración territorial y al medio ambiente aspectos como estos, no entran en consideración en la planificación regional del territorio y del desarrollo provocando ineficiencia en el sistema de planificación mexicano.



Sin embargo actualmente la legislación en materia de planeación ha sufrido modificaciones con la finalidad de precisar las directrices de actuación en los diferentes ámbitos de gobierno y niveles de administración.

Antes de abordar la normatividad que regula las actividades de planeación, es necesario explicar los conceptos de ámbitos de gobierno y niveles de administración pública, ya que el contenido de este apartado está organizado en función de los conceptos.

Anaya (2000) propone una definición de gobierno nos la cual refiere al conjunto de órganos a los que institucionalmente se les ha confiado el ejercicio del poder, a esto le precede la organización de la sociedad para formar un régimen político constituido por personas y/o instituciones; así mismo define la Administración Pública como un:

*Conjunto de operaciones encaminadas a cumplir o hacer cumplir la política pública, la voluntad de un Gobierno, tal y como ésta es expresada por las autoridades competentes. Es pública porque comprende las actividades que una sociedad, sujeta a la dirección política, ejecuta a través de las instituciones gubernamentales. Es Administración porque implica la coordinación de esfuerzos y recursos, mediante los procesos administrativos básicos de planeación, organización, dirección y control"*  
(Anaya, 1997:78)

El sistema de gobierno mexicano consiste en una república federal, representativa y democrática, en la que existen tres poderes ejecutivo, legislativo y judicial por lo el gobierno se encuentra dividido en los ámbitos, Federal Estatal y Municipal.

De acuerdo con la legislación vigente, dentro de los tres ámbitos de gobierno Federal, Estatal y Municipal, se determina como obligatoria la elaboración, formulación, actualización y evaluación de planes, programas proyectos, y estrategias de desarrollo urbano. Permitiendo colocar en esta legislación los pilares que servirán como base a nuestro proyecto.

#### 2.2.1. Normatividad en materia de administración y planeación territorial Federal.

Como se mencionó al principio de este apartado el análisis de la legislación seguirá el orden que establece la pirámide de Kelsen. Esta propone iniciar con la norma suprema

del sistema normativo de un estado, en este caso la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.

En los artículos **25, 26** y **115** de la Constitución Política de los Estados Unidos de Mexicano, se establece que

*El estado organizará un sistema de planeación democrática que imprima solidez, dinamismo, permanencia y equidad al crecimiento de la economía para la independencia y la democratización política, social y cultural de la nación.  
(CPEUM,2012)*

Por esta razón la forma de gobierno establecida permite a los municipios en términos de las leyes federales y estatales la facultad para formular aprobar y administrar los planes de desarrollo urbano municipal, colaborar en la administración de sus reservas naturales y ecológicas; así mismo están facultados para intervenir en los planes de desarrollo regional, controlar y regular la distribución, clasificación y utilización del suelo que este bajo sus jurisdicciones territoriales.

Continuando con el orden jerárquico de la pirámide de Kelsen pasamos a las Leyes Federales, las cuales son normas reglamentarias de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, que son aplicadas en todo el territorio de la nacional, y por consecuencia toda persona que se encuentre dentro del está obligado a cumplirlas.

La Ley Orgánica de la Administración Pública Federal, en su Título Primero de la Administración Pública Federal, Capítulo Único **artículo 9** señala que

*Las dependencias y entidades de la Administración Pública Centralizada y Paraestatal conducirán sus actividades en forma programada, con base en las políticas que para el logro de los objetivos y prioridades de la planeación nacional del desarrollo, establezca el Ejecutivo Federal. (LOAPF,2011)*

Las distintas instancias administrativas encaminadas al mejoramiento de la organización y administración tienen la tarea de desarrollar y cumplir objetivos encaminados a la planeación del territorio y de otras áreas y de esta forma alcanzar el desarrollo, entendiéndose por este último el crecimiento integral de la económica y calidad de vida de los habitantes del país.

Por otra parte la Ley de Planeación Federal, tiene el carácter de orden público e interés social, y por consiguiente origina el carácter de democrática y permanente a la planeación federal estatal y municipal mediante la estimulación de la participación ciudadana, y la consulta a los distintos grupos sociales conllevan al Plan Nacional de Desarrollo 2007 – 2012 como documento guía para la planeación en los tres ámbitos de gobierno en México, el cual establece que

*“...la planeación en el ámbito urbano - territorial, debe tener como objetivo primordial hallar estrategias que reservan las necesidades de la población y al mismo tiempo permitan el desarrollo de una forma equilibrada. De tal forma el Poder Ejecutivo Federal se compromete a ayudar a los distintos Estado y Municipios, para que de una forma eficiente y eficaz logren desarrollar los planes, programas y proyectos en materia de desarrollo urbano y ordenamiento territorial y promover, conservar, procurar o limitar el espacio o uso de suelo destinado por la administración pública pasada.” (PND, 2007 - 2012)*

De esta forma se asegura una continuidad en los proyectos encaminados a mejorar el bienestar de la población, además de la creación o modificación de planes que integren las necesidades prioritarias y actuales de la población, y de esta forma se desarrollen obras que atiendan las demandas actuales.

### 2.2.2 Normatividad en materia de administración y planeación territorial Estatal

En cuanto a las leyes Ordinarias que se señalan en la pirámide de Kelsen se encuentra la Constitución Política del Estado Libre y Soberano de México. En su **artículo 139, fracción I**, establece que el desarrollo de la entidad se sustenta en el Sistema Estatal de Planeación Democrática, que tiene como base el Plan de Desarrollo del Estado de México.

*El Sistema Estatal de Planeación Democrática se integra por los planes y programas que formulan las autoridades estatales y municipales y considerará en su proceso: El planteamiento de la problemática con base en la realidad objetiva, los indicadores de desarrollo social y humano, la proyección genérica de los objetivos para la estructuración de planes, programas y acciones que regirán el ejercicio de sus funciones públicas, su control y evaluación. Las Leyes de la materia proveerán la participación de los sectores público, privado y social en el proceso y el mecanismo de retroalimentación permanente en el sistema. (CPELSM, 2012)*

La constitución política del estado libre y soberano de México, en **su artículo 77** en su **fracción VI**, faculta y obliga al Gobernador del Estado a planear y dirigir el desarrollo en, la entidad, en la esfera de su competencia; mediante un sistema de planeación democrática, considerando la participación y consulta popular para la formulación, instrumentación, ejecución control y evaluación de los distintos planes, proyectos y programas de desarrollo urbano y ordenamiento territorial.

Por otro lado La Ley Orgánica de la Administración Pública del Estado de México, que en su **artículo 31, fracción i, II, IV, V, VI**, autoriza atribuciones a la Secretaria de Desarrollo Urbano y Vivienda, para la ejecución y supervisar los estatutos y disposiciones generales en materia de ordenamiento territorial de los asentamientos urbanos del desarrollo urbano y vivienda; promover la implantación de los Planes Municipales de Desarrollo Urbano y vigilar su congruencia en el Plan de Desarrollo Urbano y los Regionales, así como vigilar el desarrollo urbano de las comunidades y centro de población del estado.

La Ley de Planeación del Estado de México y Municipio, en sus **artículos 11, 12, 13 y 14** establece que el sistema de planeación democrática para el desarrollo del estado de México y los municipios, será el encargado de la formulación, elaboración, ejecución, evaluación y actualización de los planes de desarrollo de los Planes Municipales del Estado de México

*El Sistema de Planeación Democrática para el Desarrollo del Estado de México y Municipios comprende un conjunto de relaciones funcionales que establecen los habitantes del Estado de México, los poderes Legislativo, Ejecutivo, Judicial, los grupos y organizaciones sociales y privados, entre sí, a fin de efectuar acciones al amparo de mecanismos de coordinación y participación, conforme a la competencia y atribución de los titulares de las dependencias, organismos, entidades públicas y unidades administrativas, en los cuales se consideren propuestas; planteen demandas y formalizan acuerdos. (LPEMM, 2011)*

Del análisis de los artículos anterior, concluimos que existe la obligación por parte de la administración pública a cimentar y promover el desarrollo de la entidad y sus municipios a través los Planes de Desarrollo en el Sistema de Planeación Democrática Mexiquense, siendo esta la vía adecuada para impulsar el desarrollo social y humano de la población.

## Capítulo III Contexto de la Cuenca Arroyo el Muerto.

En este capítulo se realiza una descripción de nuestra zona de estudio: sus características físico – geográficas; ubicación, tamaño, población, y actividades económicas con el objetivo de mostrar un contexto general en el que se encuentra la problemática en relación al uso y manejo de las aguas residuales que se ha detectado y de esta forma elaborar un diagnóstico que permita desarrollar las estrategias de manejo del agua que se han planteado en un principio.

### 1. Descripción físico – geográfica de la Cuenca Arroyo el Muerto

#### 1.1. Localización.

México posee 314 cuencas hidrológicas en las cuales fluyen los numerosos ríos y arroyos del país. La Comisión Nacional del Agua (CNA, 2003), ha agrupado a tales cuencas en 37 regiones hidrológicas para hacer más eficaz la administración de los recursos hidráulicos que, a su vez, se agrupa en 13 regiones mayores de tipo administrativo para facilitar la creación de



organismos de cuenca como parte de sus esfuerzos de descentralización de funciones (Ver mapa III). La agrupación de las cuencas se basa principalmente en rasgos orográficos e hidrográficos, de tal manera que cada región hidrológica se distingue por su tipo de relieve y escurrimientos, presentando características similares en su drenaje.

La zona de estudio (CAM) se encuentra en el sistema hidrológico Lerma – Santiago – Chapala, que se desarrolla desde el centro del territorio estatal hasta el noreste, abraza territorios de los estados de Querétaro, Zacatecas, Jalisco, Michoacán, Aguas Calientes, Estado de México y Nayarit (Ver mapa IV),



Este sistema hidrológico se encuentra dividido en la parte alta, media y baja Para efectos de esta investigación se describen las características generales de la Cuenca Alta del Rio Lerma, (Ver mapa V). La cuenca Alta del Rio Lerma en el Estado de México se extiende desde el centro del territorio mexiquense, y limita con los estados de Querétaro y Michoacán, cuenta un área aproximada de 5,146 km<sup>2</sup> y una longitud del cauce de 177.8 km, la elevación sobre el nivel del mar en el nacimiento de 2570 metros y en la salida del estado es de 2,360 m.s.n.m (CAEM, 2003)

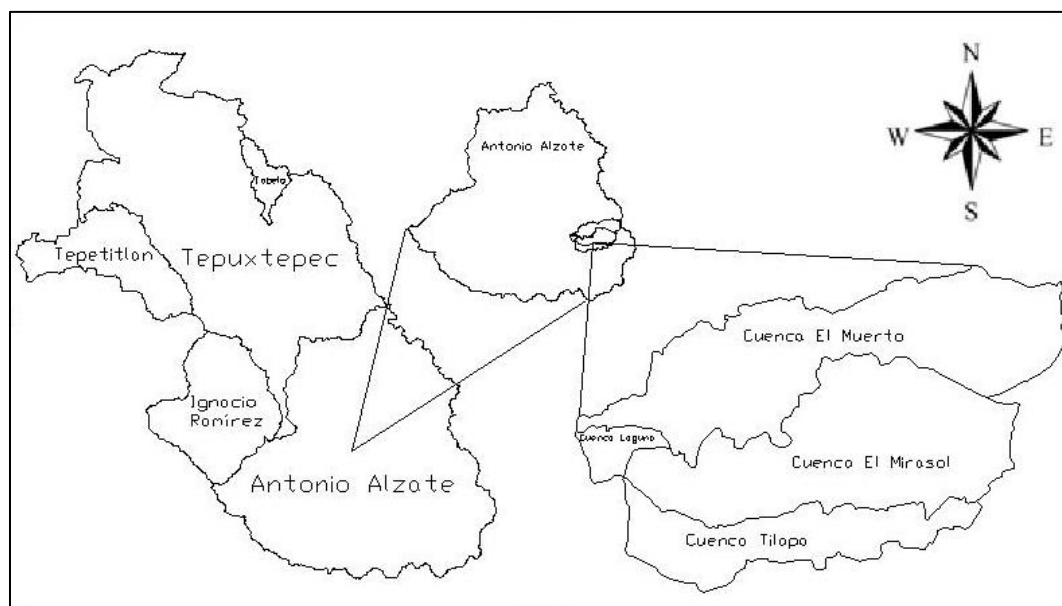
De acuerdo con datos del de la red Inter - Institucional e Interdisciplinaria de Investigación, Consulta y Coordinación, para la Recuperación de la Cuenca Lerma – Chapala – Santiago, la precipitación media anual en esta cuenca es de 782 mm. y evaporación media es de 2,439 mm. anuales. Los climas predominantes son el templado lluvioso, templado lluvioso y frio, la temperatura media es de 13 °C.



La población residente es de 2, 303 millones de habitantes, 8.05% es población indígena (155,653 habitantes), localizados en 757 localidades; 1,073 localidades se encuentran en áreas rurales y 158 localidades en áreas urbanas. Cuenta con 0.78 millones habitantes económicamente activos ocupados, lo cual representa el 31 % de la población regional. Estos últimos datos sugieren que la Cuenca alta del Río Lerma presenta una fuerte tendencia a la urbanización, esto representa una mayor descarga de aguas residuales a los causes del río por parte de la población, aunado a esto existe un fuerte proceso de industrialización y desarrollo de actividades agrícolas con uso de fertilizantes en la superficie de la cuenca.

Es así como la cuenca arroyo El Muerto se ubica en el Estado de México, en los municipio de Capulhuac, Ocoyoacac y Tianguistenco y forma parte de la Cuenca Alta del Rio Lerma dentro del parteaguas de la presa San Antonio Álzate. Por el tamaño de población 3,799 habitantes (INEGI, 2011) se considera un ámbito rural, sin embargo, se encuentra localizado entre dos grandes zonas metropolitanas del Valle de México y de Toluca, los usos de suelo predominantes en este territorio son de carácter agrícola, urbano y forestal, una parte de este último es aprovechado para la actividad turística, según encuesta en una de las localidades de estudio, se estima 20 mil visitantes cada fin de semana en las zonas turísticas.

#### Ilustración IV. Localización de la cuenca arroyo el Muerto



Fuente: Elaboración propia con base INEGI, 2011.

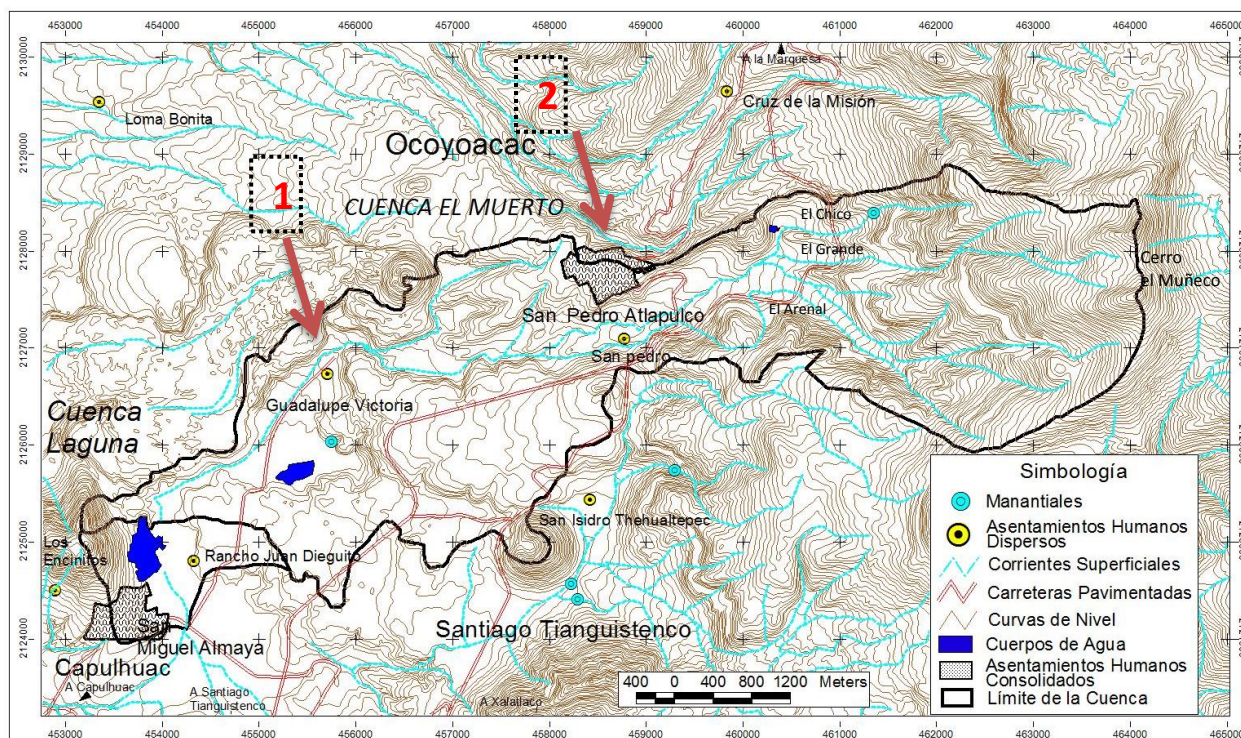


## 1.2. Hidrología Precipitación y Clima.

Dentro de la CAM existen numerosos cuerpos de agua, entre los cuales el arroyo El Muerto, es la arteria principal de escurrimiento, posee una longitud de 11 kilómetros y tiene sus orígenes en lo alto del cerro El Muñeco ubicado en la parte este de la cuenca (3.750 m.s.n.m.). (Atlas Ecológico, 1993)

El flujo de este sistema de drenaje natural lleva una dirección hacia el suroeste, su caudal aumenta al incorporarse tres riachuelos denominados, El Chico, El Grande y El Arenal, en las cercanías de la localidad de San Pedro Atlapulco y el valle del Potrero, durante su trayecto, este arroyo pasa cerca de dos asentamientos humanos de gran influencia en la carga de residuos sólidos y agentes contaminantes en los cuerpos de agua; Atlapulco y Guadalupe Victoria. Finalmente desemboca en una laguna que se encuentra a orillas del poblado de San Miguel Almaya, este cuerpo de agua se encuentra repleto de lirio acuático, mostrando así un bioindicador de contaminación del agua.

**Mapa I. Topografía de la cuenca Arroyo el muerto**



Fuente: Elaboración propia con base INEGI, 2011.

El mapa anterior muestra los elementos topográficos de la cuenca como las curvas de nivel, carreteras, los principales arroyos y cuerpos de agua, así como los asentamientos humanos consolidados.

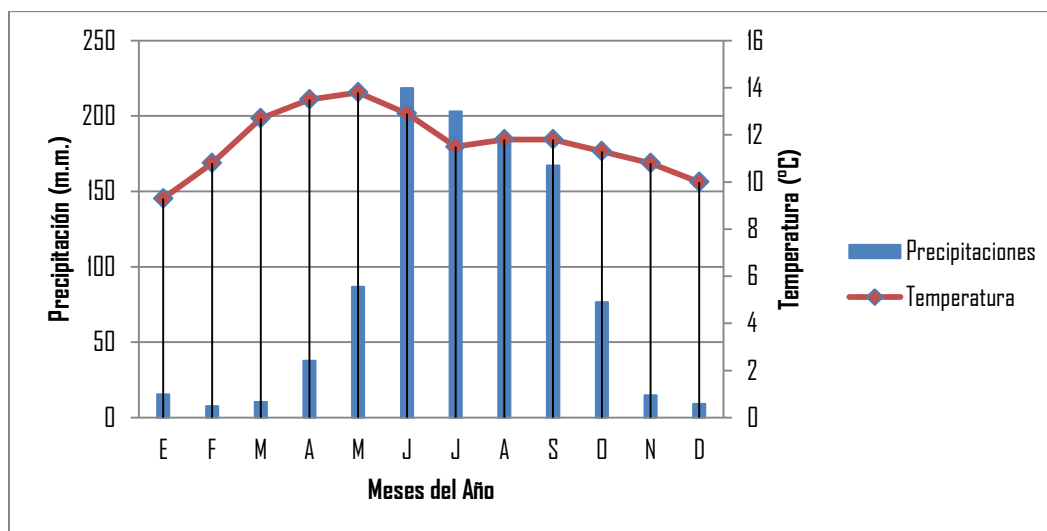
En términos del clima local, la estación meteorológica de San Pedro Atlapulco, es la más representativa de la localidad en estudio por su cercanía en distancia y altitud, y para la cual, según el SMN(s.f), registró, durante un periodo de 22 años, las características que son propias del clima templado subhúmedo, en su variante más húmeda, con lluvias en verano, y con temperatura promedio del mes más frío entre  $-3^{\circ}$  y  $18^{\circ}\text{C}$ , por lo que su fórmula climática es, según INEGI (2001): C(W2)(w). Dicho clima, es el resultado de la altitud, con un rango que va de los 2650 a los 2900 msnm; en una latitud tropical. (Alvarado y otros, 2011)

**Tabla IV. Precipitación y clima.**

Variable	Meses del año												Anual
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
PP (mm)	15	8	10	38	87	219	203	182	167	77	15	9.1	85.7
Temp. (°C)	9	11	13	14	14	13	12	12	12	11	11	10	11.6

Fuente: SMN (S.F.) en Alvarado y otros, 2011.

**Gráfica II. Cronograma: estación San Pedro Atlapulco.**



Fuente: Elaboración propia en base a datos del SMN (S.F.), 2013

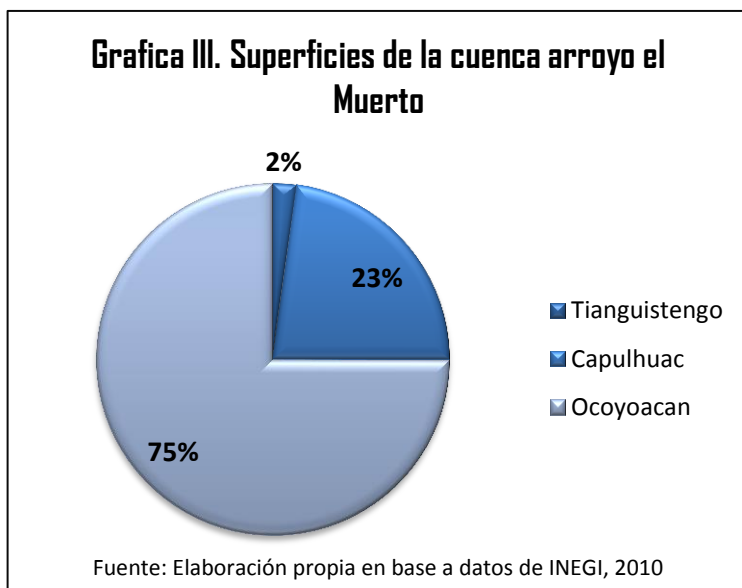
### 1.3. Usos del suelo en la cuenca arroyo el Muerto

La cuenca arroyo el Muerto posee una superficie total de 2304.3 ha, la cual comprende parte del territorio de los municipios de Tianguistengo, Capulhuac y Ocoyoacac con una superficie de 49, 526 y 17 hectáreas respectivamente

Límites Municipales	Hectáreas	Porcentaje %
Tianguistengo	49.7	2.16
Capulhuac	526.9	22.87
Ocoyoacac	1727.6	74.97
<b>Total</b>	<b>2304.3</b>	<b>100</b>

Fuente: Elaboración propia con base INEGI, 2011.

En la siguiente gráfica se observa que el 75 %; la mayor parte del territorio de la CAM está bajo la administración del municipio de Ocoyoacac, este aspecto es relevante



pues como se mencionó en el capítulo anterior, el municipio es el encargado de desarrollar planes, programas y proyectos en beneficio de las comunidades establecidas en su territorio. Por otra parte como la problemática debe resolverse desde una perspectiva global, donde los gobiernos de los distintos municipios actúen conjuntamente.



De las superficies anteriores, en el año 2011 según datos del INEGI, los usos de suelo en la cuenca se distribuían de la siguiente manera:

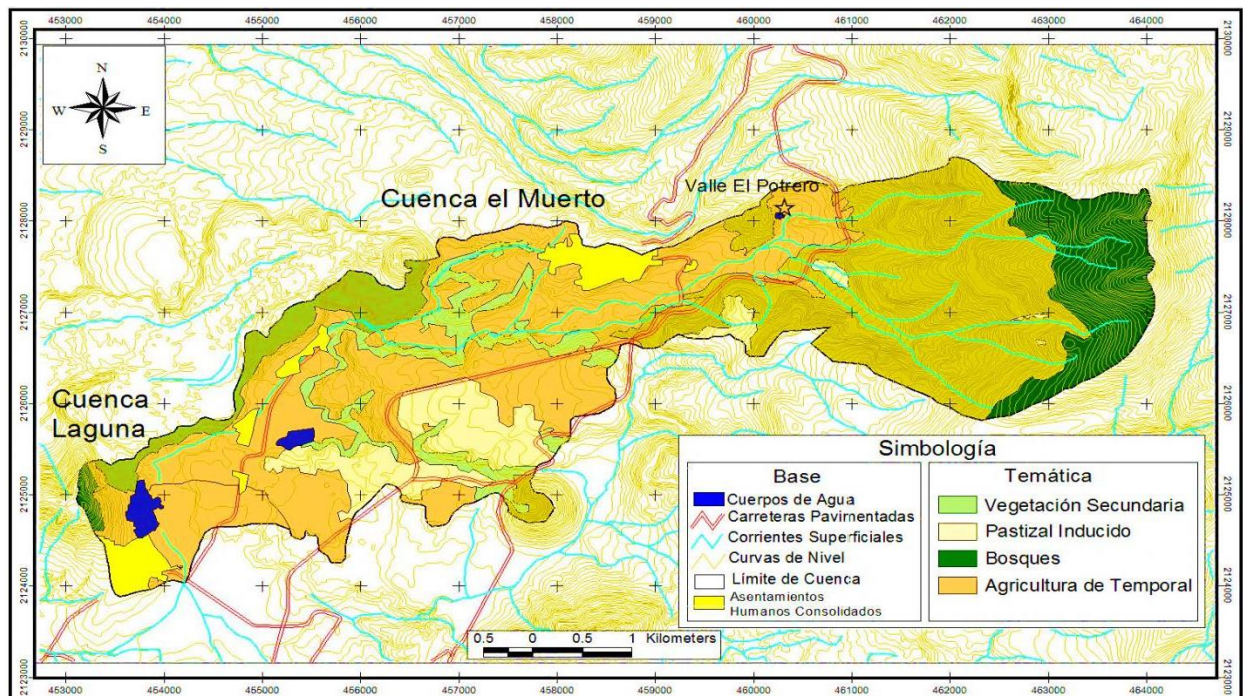
**Tabla VI. Distribución de usos de suelo 2011**

Uso de Suelo	Superficie	
	Ha.	%
Agricultura temporal	871	37.8
Vegetación secundaria	136	5.9
Pastizal inducido	196	8.5
Bosque Pino - Encino	227	9.8
Bosque Aile - Pino	660	28.6
Asentamientos Humanos	88	3.8
Bosque Encino	103	4.5
Cuerpos de Agua	20	0.8
<b>Total</b>	<b>23.0</b>	<b>100.0</b>

Fuente: Elaboración propia con base INEGI, 2011

En el siguiente mapa se muestra la distribución de uso de suelo del año 2011.

**Mapa III. Usos de Suelo 2011**

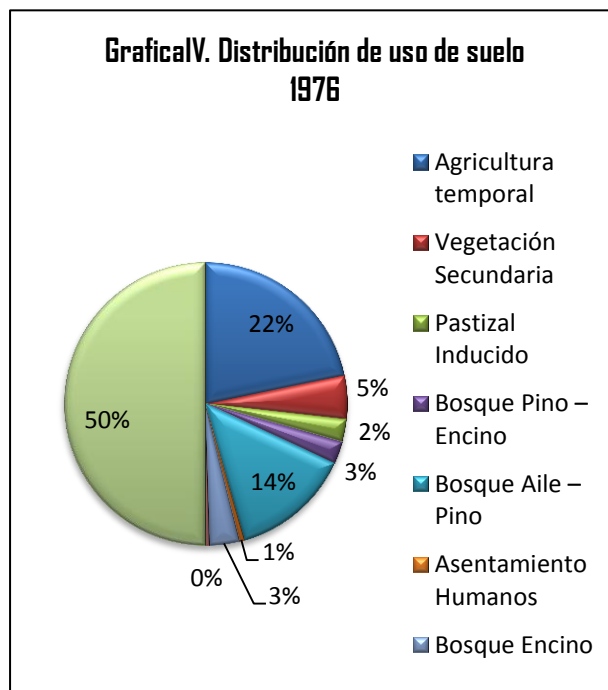


Fuente: Elaboración propia con base INEGI, 2011.

Con el objetivo de analizar las tendencias de cambio de uso de suelo y de las actividades económicas en la zona de estudio se realizó un análisis comparativo de cambio de uso de suelo, con datos de los años 1976 y 2011 utilizando material proporcionado por el Instituto Nacional de Geografía, Estadística e Informática (INEGI).

La distribución de uso de suelo ha cambiado considerablemente del año 1976 a la fecha, anteriormente existía una predominancia de uso de suelo agrícola, representando el 43.52 %, seguido del bosque, que en su conjunto conformó el 39.36% de la superficie total y los asentamientos humanos no alcanzaban las 30 ha. A continuación se presenta un tabla de la distribución de usos del suelo del año 1976, en esta se muestra la superficie en hectáreas, el porcentaje y los tipos de uso de suelo que son: agricultura temporal, vegetación secundaria, pastizal inducido, bosque pino – encino, bosque aile – pino, bosque de encino, asentamientos humanos, y cuerpos de agua.

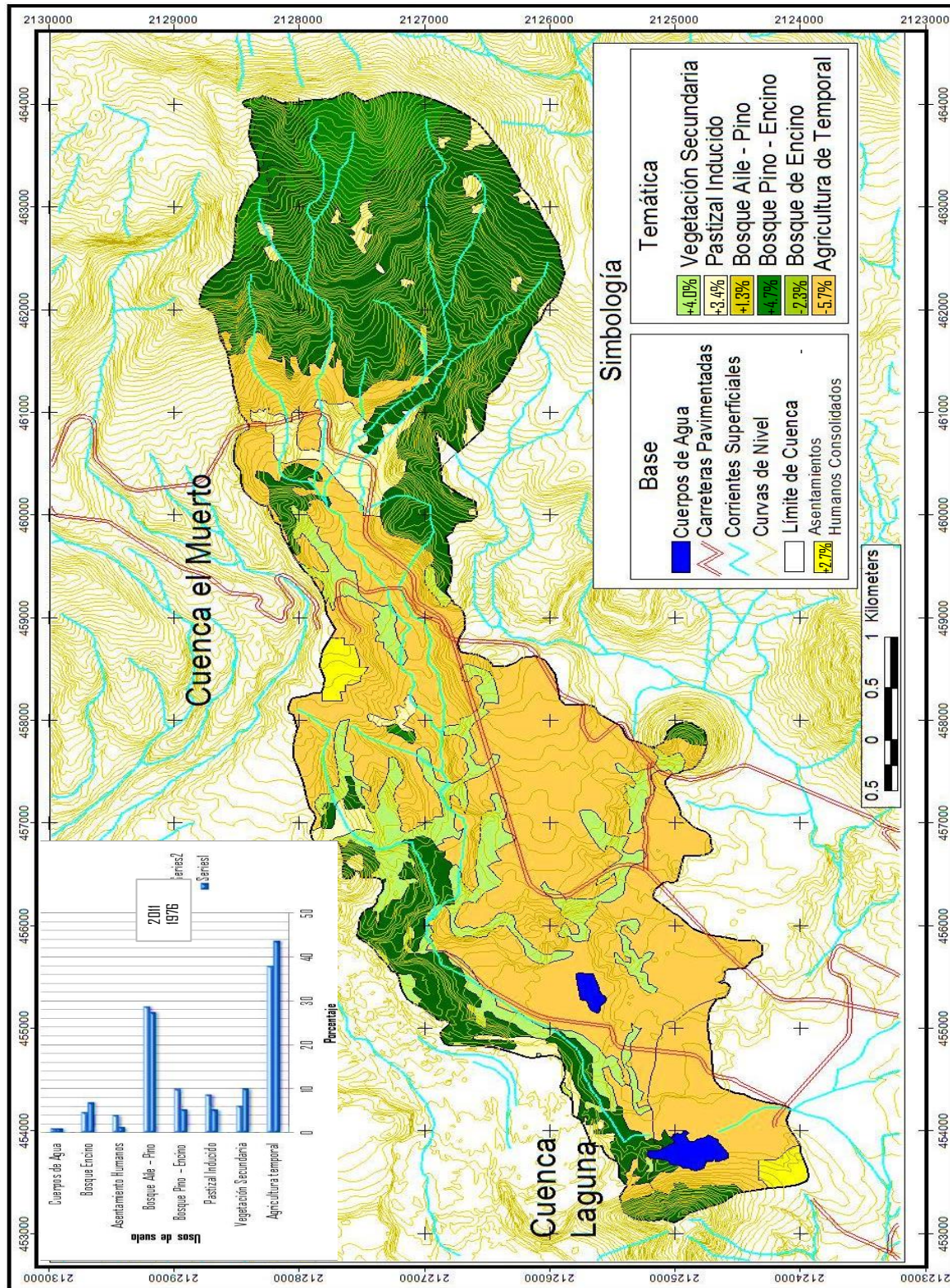
Uso de Suelo	Superficie	
	Hectáreas	Porcentaje %
Agricultura temporal	1002	43.5
Vegetación Secundaria	230	9.9
Pastizal Inducido	118	5.1
Bosque Pino – Encino	118	5.1
Bosque Aile – Pino	631	27.3
Asentamiento Humanos	26	1.1
Bosque Encino	157	6.8
Cuerpos de Agua	19	0.8
<b>Total</b>	<b>23.04</b>	<b>100</b>



Fuente: Elaboración propia con base CETENAL, 1976



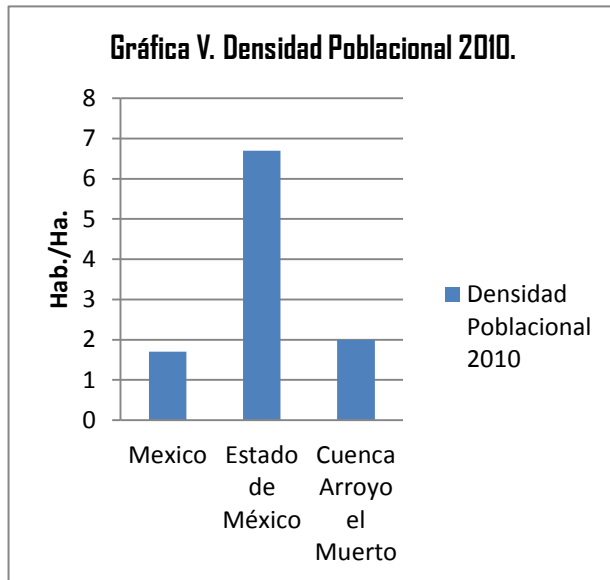
## Mapa IV. Comparación de cambio de usos de suelo 1976 - 2011



Fuente: Elaboración propia en base a datos de INEGI, 2011.

#### 1.4. Características socioeconómicas y demográficas.

En la CAM, en el año 2010 vivían 2 habitantes por hectárea, lo cual representa una densidad poblacional media en comparación con la República Mexicana en donde la relación es de 2 habitantes/ha. , pero baja en comparación al Estado de México, cuya ocupación de territorio corresponde a 6.7 hab./ha. (Ver grafica N° V)



**Tabla VIII Densidad Poblacional 2010.**

	Superficie	Población	Densidad Hab./Ha.
México	65464654	112336538	1.7
Estado de México	2235100	15175862	6.7
Cuenca arroyo el Muerto	2120	4259	2
San Pedro Atlapulco	30.5	3178	140

Fuente: Elaboración propia en base a datos de INEGI, 2011.

La cuenca arroyo El Muerto comprende una extensión de 2 mil 304 hectáreas. Esta cuenca ocupa básicamente dos localidades, de Guadalupe Victoria y San Pedro Atlapulco las cuales conjuntamente tienen 4259 habitantes (INEGI, 2011), experimentando una tasa de crecimiento de 1.92%.

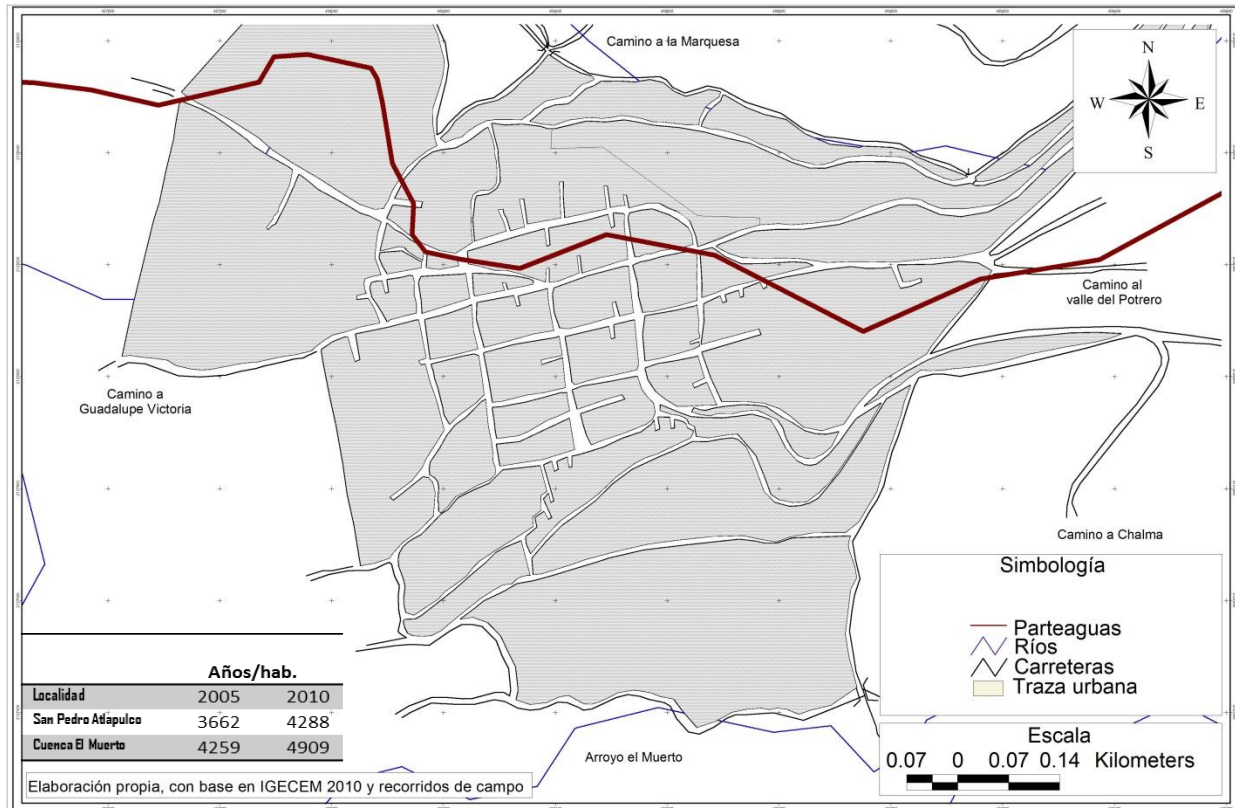
La localidad de Guadalupe Victoria tiene un total de 627 habitantes, sus actividades económicas principales se orientan a la agricultura y ganadería, la mancha urbana consolidada en esta localidad es mínima sin embargo esta localidad no cuenta con espacios adecuados para la acumulación de los residuos sólidos generados por esta localidad, por lo que gran parte de ellos se deposita en los arroyos aledaños y a cielo abierto.

En el caso particular de la localidad de Atlapulco, el parte aguas de la cuenca divide la mancha urbana en dos secciones, poco más del 70% de este asentamiento humano se



encuentra dentro del límite de nuestra zona de estudio, además es el asentamiento humano más grande de toda la cuenca, la población viviendo dentro de la sección límite de la zona de estudio suma un total de 3,178 habitantes aproximadamente, sobre una superficie de 30.5 ha. (140 hab./ha.).

### Mapa V. Traza urbana de San Pedro Atlapulco.



Fuente: Elaboración propia en base a datos de INEGI, 2011.

Las actividades económicas que desarrollan los habitantes de esta localidad se centran en la oferta de servicios mediante como la renta de cabañas, paseos a caballo, venta de alimentos, pistas de motocicleta, deportes extremos etc. en los diferentes valles que existen en el territorio de Atlapulco, alrededor de 20, 000 turistas, en su mayoría provenientes de la zona metropolitana del valle de México y Toluca, llegan los fines de semana a visitar y disfrutar de las áreas forestales. La agricultura representa una actividad importante, pues del total de la superficie de la CAM, el 37.8% involucra prácticas de agricultura temporal, las principales semillas cultivadas son avena y maíz.

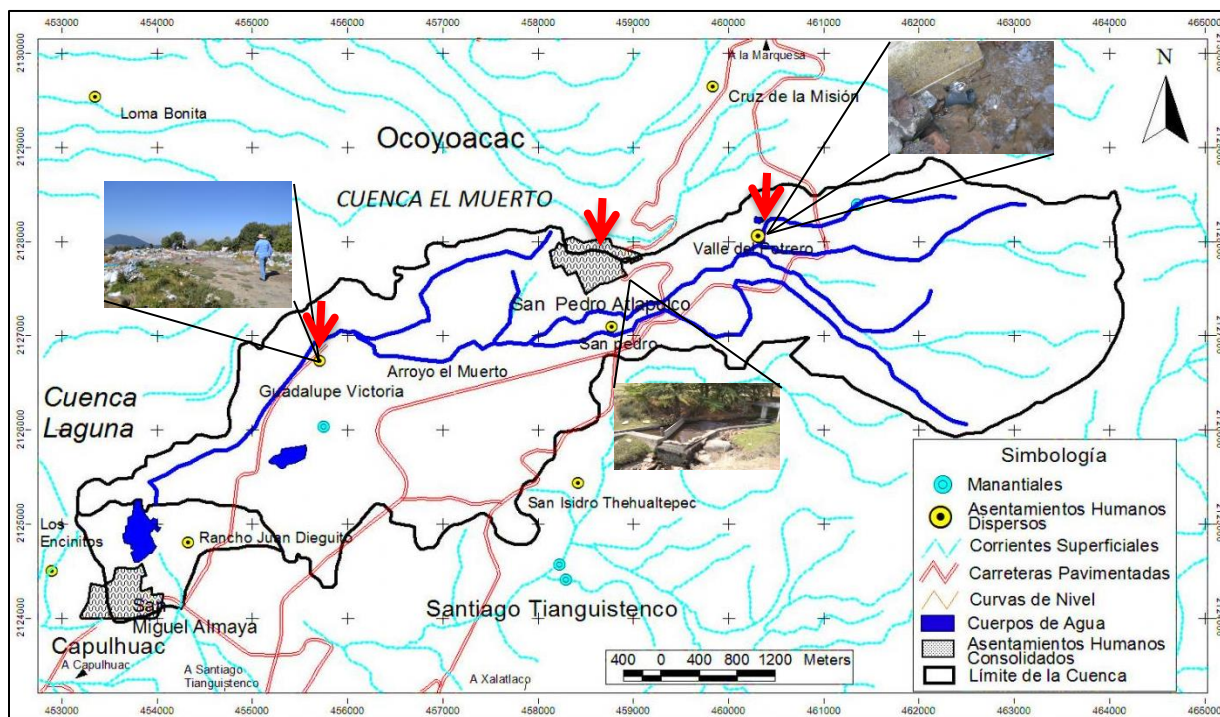


## 2. Problemática: Contaminación de los cuerpos de agua por descarga de aguas residuales

La calidad del agua de lagos y ríos influye fundamentalmente en su uso. Actividades tales como pesca, recreación, acuicultura o natación tienen entre sí diferentes requerimientos de calidad del agua, mientras que la de las fuentes de suministro para consumo humano debe ser aún mejor. En el caso de la CAM la descarga de contaminantes generados por las actividades humanas han degradado la calidad del agua, al grado de haber convertido ríos limpios en canales de aguas residuales en los que es difícil encontrar especies de vida y/o darles un uso potable.

Los principales puntos de contaminación son el valle del Potrero, San Pedro Atlapulco y Guadalupe Victoria, las descargas de aguas residuales, y en muchos casos los residuos sólidos generados en estos puntos desembocan en la laguna de Almaya, pues son vertidos en el arroyo el muerto o los riachuelos que se le incorporan. En el siguiente mapa se observa el trayecto del arroyo El Muerto y su paso por los principales nodos de contaminación.

**Mapa V. Descarga de aguas residuales en la CAM.**

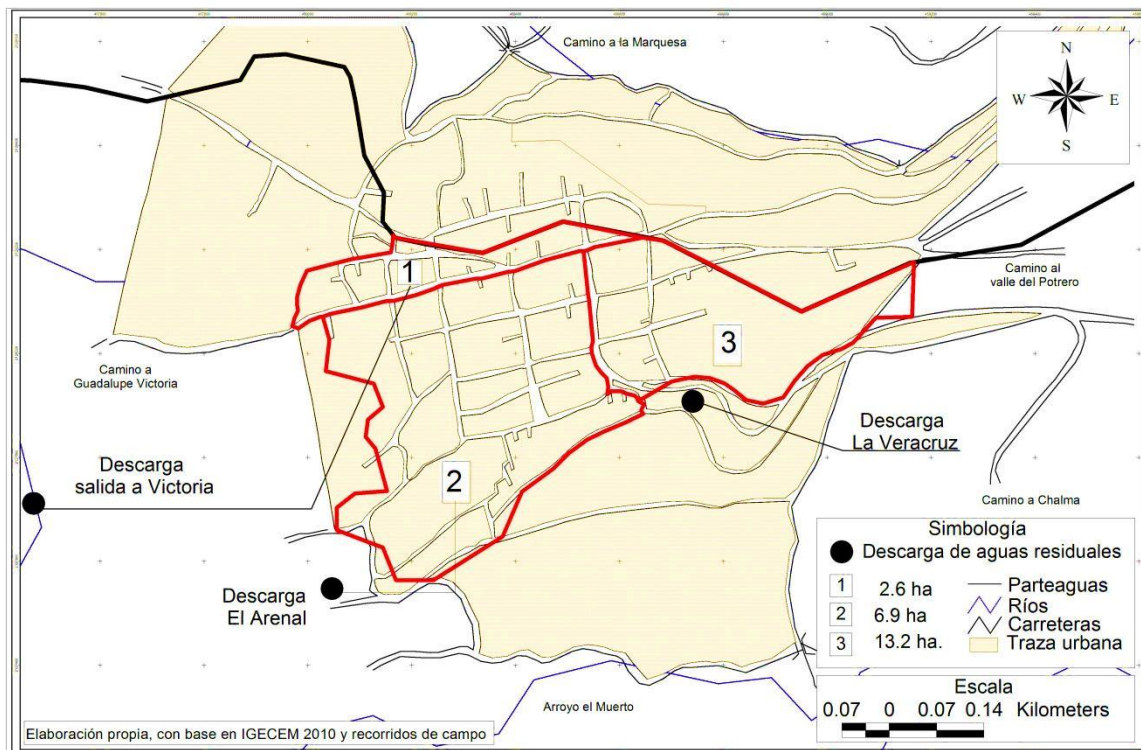


Fuente: Elaboración propia en base a datos de INEGI, 2011.

En el valle del potrero hay un total de 210 negocios, de los cuales 60 son restaurantes, estos establecimientos no cuentan con un sistema de tratamiento de aguas residuales, solo existe una fosa séptica que es insuficiente para cubrir todos los negocios, por lo que sus desechos son vertidos directamente a los arroyos cercanos, esto representa un verdadero foco de contaminación, pues como el valle del potrero se encuentra en la parte alta de la cuenca y cerca de los manantiales, se están contaminando los recursos hídricos, desde la parte inicial del ciclo hidrológico de esta zona.

San Pedro Atlapulco, es el asentamiento humano más grande de toda la cuenca, cuenta con un sistema de drenaje que posee una cobertura del 95 % y otro más que se encarga de las aguas pluviales con poco más del 50% de cobertura. Su población lleva a cabo actividades domésticas y económicas, durante el desarrollo de ambas actividades hay una producción de desperdicios, estos residuos se mezclan con los dos tipos de drenajes mencionados y son vertidos en tres puntos diferentes, que al final confluyen en el arroyo el Muerto.

**Mapa VI. Descarga de aguas residuales en la localidad de San Pedro Atlapulco**



Fuente: Elaboración propia en base a datos de IGCEM, 2011.

El mapa N° VI, muestra tres polígonos, estos corresponden a la cantidad de población y tamaño de superficie que descargan en cada uno de los arroyos marcados; Bajo el supuesto de que la población de Atlapulco se distribuye homogéneamente, se infiere que en el polígono numero 1 viven 364 habitantes, en el segundo habitan 1,848 y en el tercero 966 personas, sobre una superficie total de 23 hectáreas.

**Tabla IX. Descarga de aguas residuales en la localidad de San Pedro Atlapulco**

<b>Polígono / Descarga</b>	<b>Superficie</b>	<b>Población</b>
Victoria	2.6	364
El arenal	13.2	1848
La Veracruz	6.9	966

Fuente: Elaboración propia en base a datos de IGCEM, 2011.

Con estos datos podemos determinar el consumo de agua y la producción de residuos sólidos para determinar parte de los requerimientos para las estrategias de manejo de aguas residuales que se proponen en la parte final de este documento.

Es importante mencionar que también en los centros de las localidades por donde pasa dicha cuenca, se usa el agua en actividades de comercio, de servicios y en pequeñas industrias, destacando así una empresa de champiñones y de productos de pirotecnia. Anteriormente el proceso natural denominado autodepuración había evitado problemas de contaminación

En la cuenca arroyo el muerto, los procesos de apropiación, distribución y descarga de aguas están en función a la organización comunal, estos se determinan por usos y costumbres la demografía urbana creciente, acompañada de un retraso en la construcción de plantas de tratamiento, han llevado a una contaminación severa en alguna forma, de las aguas de la mayor parte de la cuenca

## Capítulo IV. Efectos del agua residual en la cuenca arroyo El Muerto y estrategias para su manejo entorno al desarrollo local sostenible.

---

El propósito primordial de este capítulo es exponer algunos efectos negativos que el agua residual trae consigo, en los subsistemas social, económico y natural en la cuenca El Muerto, y que pueden limitar el desarrollo sostenible de la comunidad. Para ello, se retomó la información de los apartados anteriores, así como datos de una serie de entrevistas, en este sentido, en una primer subcapítulo se mencionan y describen los efectos del agua residual en el territorio ubicado dentro de la zona de estudio, posteriormente se elaboró la prospectiva del comportamiento de las aguas residuales a través de la construcción de escenarios tendenciales; formulando las proyecciones de población y de cambio de uso de suelo. La elaboración de la prospectiva es una parte importante en el proceso de planeación porque permite identificar los problemas próximos y así elaborar las estrategias que coadyuvan al adecuado manejo de las aguas residuales evitando problemas futuros de sanidad, abasto, disponibilidad, entre otros.

### **1. Aspectos metodológicos específicos sobre los efectos de las aguas residuales.**

Para estimar los efectos de las aguas residuales se tomaron de manera concreta los indicadores de tipo económico, natural, social que se expresan en el territorio, los cuales se describen en el apartado de Metodología, en el capítulo uno de este documento. Con base a dichos indicadores, se indago su respuesta a través de información documental y de campo, en donde cabe destacar la participación activa de los agentes locales; de manera específica de las autoridades locales: Delegado y Suplentes y el Consejo de Participación Ciudadana (COPACI) integrado por representantes comunales quienes se encargan del manejo del agua.

El método que se utilizó para conocer el comportamiento de éstos indicadores en el caso de estudio, se fundamentó principalmente con dos fuentes: una fue la observación e investigación participativa, entendida como el medio de interacción del investigador con los agentes locales, dentro de esta técnica de investigación estuvieron presentes y relacionadas con nuestro objeto de estudio las siguientes interrogantes: ¿qué observar?, ¿cómo observar?, ¿dónde observar?, ¿cuándo observar?, ¿cómo registrar? y ¿cómo analizar?, esto con el propósito de que no existiera ningún tipo de ambigüedad durante la recolección y procesamiento de la información.

La segunda fuente fueron entrevistas de percepción dirigidas a los diversos agentes de la comunidad, partiendo del supuesto que cada agente concibe la problemática de manera diferente, cada uno según su función principal. Los agentes entrevistados fueron: las autoridades locales, y dentro de ellos al representante de COPACI, pues este Consejo es quien interviene en la organización, creación y asignación de puestos en los valles turísticos, en el caso de estudio de El Potrero (punto de alta contaminación en la cuenca). También se consideró a un Delegado, pues es quien cumple la función de dirigir, informar y tomar decisiones que involucran los intereses de la comunidad. Asimismo, se contempló a un responsable de las instancias del agua porque es la persona que esta de manera directa ejecutando las acciones entorno a la problemática. Los propietarios de negocios es otro agente que se consideró, por ser un generador de residuos un tanto diverso. Finalmente, a la población en general se consideró como otro agente, como usuarios masivos.

En las entrevistas se acudió a la percepción, como un medio para conocer los efectos desde la concepción de los agentes, se pretendió obtener los elementos, características y situaciones que ellos consideran como efectos del fenómeno de estudio, con un antes y al ahora; este antes se refiere aproximadamente hace cuatro décadas, donde muestra un escenario diferente al que actualmente se vive, esta es determinado por la dinámica de crecimiento de población, consumo de productos, e invasión forestal. Los resultados obtenidos de estas preguntas permitieron relacionar y

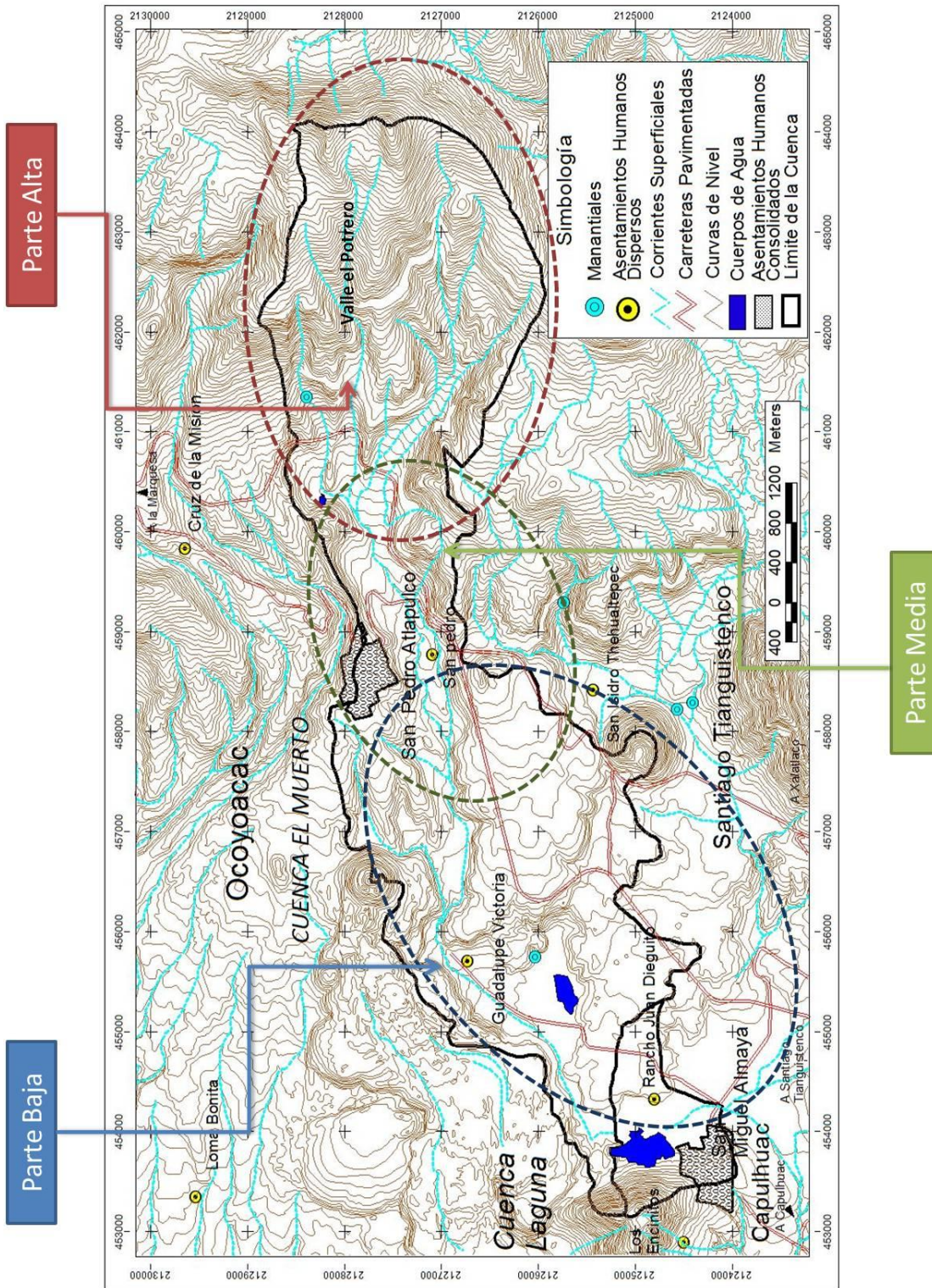
explicar la causalidad de nuestra problemática a través de la interpretación que se presenta en el siguiente apartado de este capítulo.

También otro criterio que hay que considerar en esta metodología es la división en tres partes de la cuenca hidrológica: como ya se mencionó anteriormente, el arroyo El Muerto transporta los escurrimientos de las distintas superficies donde se sitúan los asentamientos humanos a un cuerpo de agua receptor, en este caso la laguna de Almaya; como los asentamientos humanos se encuentran ubicados a distintas altitudes, la carga de contaminantes que reciben es distinta en cada uno de ellos, es por esta razón que se decidió estudiar la magnitud de los efectos del agua residual en cada uno de los asentamientos humanos con relación a su relieve topográfico.

De esta forma se divido la cuenca El Muerto en tres (Ver mapa N° VII): la parte alta, media y baja. La parte alta comprende a la comunidad de San Pedro Atlapulco, la media está representada por la localidad de Guadalupe Victoria y finalmente, la parte baja comprende a la laguna de San Miguel Almaya. Dividir la cuenca tomando en cuenta su geomorfología permitió identificar y precisar limitantes del desarrollo en cada parte de la superficie, pues de alguna forma los residuos acumulados en la parte alta y media que transporta el arroyo El Muerto afectan con mayor intensidad en la parte baja.



## Mapa VII. División de la cuenca arroyo el Muerto



Fuente: Elaboración propia en base a datos de IGCEM, 2011.

En este sentido, con base a las partes alta, media y baja se aplicó la entrevista de percepción a los diferentes agentes, es decir, en cada parte se interrogó a las autoridades locales, compuesta por un delegado y un responsable del agua; a dos propietarios de negocios; a tres entrevistas a la población en general, dando un total de 21 entrevistas.

## **2. Efectos de las aguas residuales según subsistema.**

### **2.1. Efectos en el subsistema económico.**

La contaminación de los cuerpos de agua, la insostenibilidad de actividades económicas y la limitación de la actividad acuícola, además de ser elementos claves en el desarrollo de esta comunidad, son algunas de las debilidades encontradas en la zona de estudio, la principal causa del origen de estos problemas es el tratamiento y manejo que las autoridades y la población en general tienen con las aguas residuales. Gran parte de esta medición está denotada en valores cuantitativos calculados con base a cifras que la población ha proporcionado a través de las distintas encuestas realizadas, el efecto en la disminución acuícola tiene una valoración cualitativa que parte de reconocer que los cuerpos de agua sin contaminación son espacios idóneos para la reproducción de especies acuáticas comestibles y su posterior comercialización.

#### **2.1.1. Costo por limpieza en cuerpos de agua.**

La contaminación de las aguas residuales en algunos puntos de la cuenca ha provocado la necesidad de limpiarlos, principalmente del lirio acuático, esta labor a su vez genera costos por la ocupación de personal, y en algún punto de renta de maquinaria para la cosecha de lirio.



Según las entrevistas a las autoridades de San Pedro Atlapulco y a los propietarios de negocios del valle El Potrero realizan campañas de limpieza, las cuales consisten en la recolección de residuos sólidos y en ocasiones el desazolve de pequeños arroyos. Estas campañas no son periódicas, ni se realizan de manera sistemática, razón por el cual es complicado determinar el costo de mano de obra y el tiempo total con exactitud usado en este tipo de campañas, sin embargo, es un costo que aunque sea ocasional se destina para llevar a cabo esta actividad.

En la sección baja de la cuenca, en la laguna de San Miguel Almaya; donde confluyen todas las aguas de los distintos arroyos dentro de la cuenca se caracteriza por un crecimiento exacerbado de lirio acuático, de tal manera que se encuentra tapizado de esta planta que complica las actividades de pesca y deslizamiento de las lancha sobre la laguna. Para realizar este tipo de limpieza se lleva a cabo bajo dos medios: uno se convoca a los habitantes de la localidad a hacer “faenas” de limpieza, en las que se organizan entre los comuneros para llevar a cabo dicha limpieza de manera manual, se cooperan en el cuidado y conservación del entorno de la laguna, cortando y extrayendo el lirio, así como retirando residuos sólidos. Otro medio que en ocasiones se ha utilizado, es contratar una maquina cosechadora de lirio acuático que permite la extracción de este tipo de flora, el cual se tienen que desembolsar un pago por dicho servicio, en 2012 se pagó la por la renta de la maquinaria un monto de \$70, 000.00

**Fotografía N° 1. Desazolve de la Laguna de San Miguel Almaya.**



Foto: A. Alvarado

*Actividades de desazolve en la Laguna de San Miguel Almaya.*

El costo total o aproximado de la limpieza de los cuerpos de agua no puede estimarse objetivamente, pues no todos los habitantes de la CAM participan en labores de limpieza y éstas no se realizan con una frecuencia determinada, sin embargo como anteriormente se mencionó

En la sección media existe otro cuerpo de agua de menor tamaño que la laguna de Almaya, pero a diferencia es que en este no se efectúan labores de limpieza. El costo que implica la limpieza la cuenca de El Muerto, quizás no sea muy significativo en términos nominales, pues no hay un desembolso directo para realizar actividades de limpieza, sin embargo de no atender la problemática en estas dos secciones la contaminación de los cuerpos de agua de Guadalupe Victoria y San Miguel Almaya seguirá existiendo, aun cuando esta última sea limpiada de forma constante.

#### 2.1.2. Amenaza del desarrollo de las actividades económicas.

Las actividades económicas que se llevan a cabo en el territorio por donde recorre la cuenca, como se describió en el diagnóstico son principalmente de servicios y del comercio, es eminente que las aguas residuales pueden afectar la calidad y cantidad de agua que estas ocupen como insumo, y por ende se vea atentada su desarrollo, por un lado, y por otro, la contaminación de estas es un obstáculo para el crecimiento de otras actividades.

La localidad de San Pedro Atlapulco cuenta con 7,110 has, en este territorio se encuentran distribuidos siete valles turísticos: del Potrero de Salazar, del silencio, de las Monjas y de la Amistad, estos solamente el valle El Potrero se encuentra dentro de nuestra zona de estudio, este valle comprende la parte alta de la cuenca, donde las actividades principales se centran en la oferta de servicios; la venta de alimentos, los paseos a caballo, la renta de motocicletas, entre otras. La verdadera importancia del estudio realizado en relación a los servicios ofrecidos en esta zona radica en el hecho de que gran parte de los manantiales y cuerpos de agua superficiales y del subsuelo se encuentran cerca de este valle. En este sentido, en este momento se considere que las aguas residuales no genera problemas, pero si la sobreexplotación de estos

manantiales, pues algunas autoridades locales han manifestado la disminución del volumen de agua lo cual puede amenazar el desarrollo normal de estas actividades, generando problema en empleo e ingresos a la población que actualmente se beneficia por el desarrollo de actividades económicas en esta sección.

Fotografía N° 2. Valle de Potrero.



Foto: A. Alvarado

En contraste a la situación anterior en la parte media y baja de la cuenca la contaminación es más notoria, pues los desechos producidos y arrojados por el valle del potrero tienen mayor presencia en Guadalupe Victoria por lo que algunos comuneros de esta localidad se han quejado por esta problemática.

En las localidades de San Pedro Atlapulco y Guadalupe Victoria parte media y baja de la CAM respectivamente las actividades agropecuarias han disminuido, esto se le puede atribuir a el cambio de actividades primarias por las terciarias, realizadas en el valle de potrero por la contaminación de los suelos con residuos sólidos, el pastoreo en las tierras de agricultura temporal, los bajos precios en el mercado de las cosechas y los pocos apoyos en el campo

Por otra parte para algunas familias de la CAM, la piscicultura es una actividad complementaria de apoyo social que representa una alternativa para ampliar la oferta

alimentaria y ganancias económicas, sin embargo si la contaminación sigue como hasta ahora el agua no sería apta para la pesca ni el establecimiento de criaderos de truchas y además afectaría a los que ya se encuentran funcionando, lo cual representaría pérdidas económicas para la población de toda la cuenca, esto sin contemplar las enfermedades gastrointestinales ocasionadas por el consumo de agua y alimentos contaminados. Por esta razón se debe integrar, fortalecer y consolidar esta actividad como parte de los planes de desarrollo en las comunidades que presenten adecuadas condiciones, la eficiencia productiva y la reducción de impactos en el medioambiente son factores que tienen que ser tomados en cuenta.

En el caso de la parte baja en la laguna de San Miguel Almaya, según autoridades locales ha habido diversos proyectos para fomentar dicha laguna como una espacio turístico, en los cuales contemplan la creación de una serie de actividades como de restaurantes, de actividades recreativas, de alojamiento entre otras, sin embargo, la gran limitante es la contaminación de la laguna con el lirio.

La diversificación y equilibrio de actividades económicas que se realizan en un determinado territorio son un indicador que permite mostrar el progreso alcanzado en las comunidades, cuando existe la sobreexplotación de un recurso, en este caso del agua, se ve atentado su desarrollo.

## 2.2. Efectos en el subsistema biofísico

La forma en que se midió la magnitud de este criterio fue a través de un estudio del paisaje natural, teniendo en cuenta la calidad visual del mismo y la tasa de cambio de uso de suelo. La resiliencia de los ecosistemas y la calidad del agua y del suelo son aspectos que nos ayudan a demostrar las malas condiciones en las que se encuentran los subsistemas natural y territorial. En la primera parte, usando un análisis de cambio de uso de suelo y entrevistas a miembros de las comunidades como fuentes de información, se muestra el deterioro del paisaje con respecto a los últimos 35 años, posteriormente para complementar este aspecto se mide la resiliencia e los

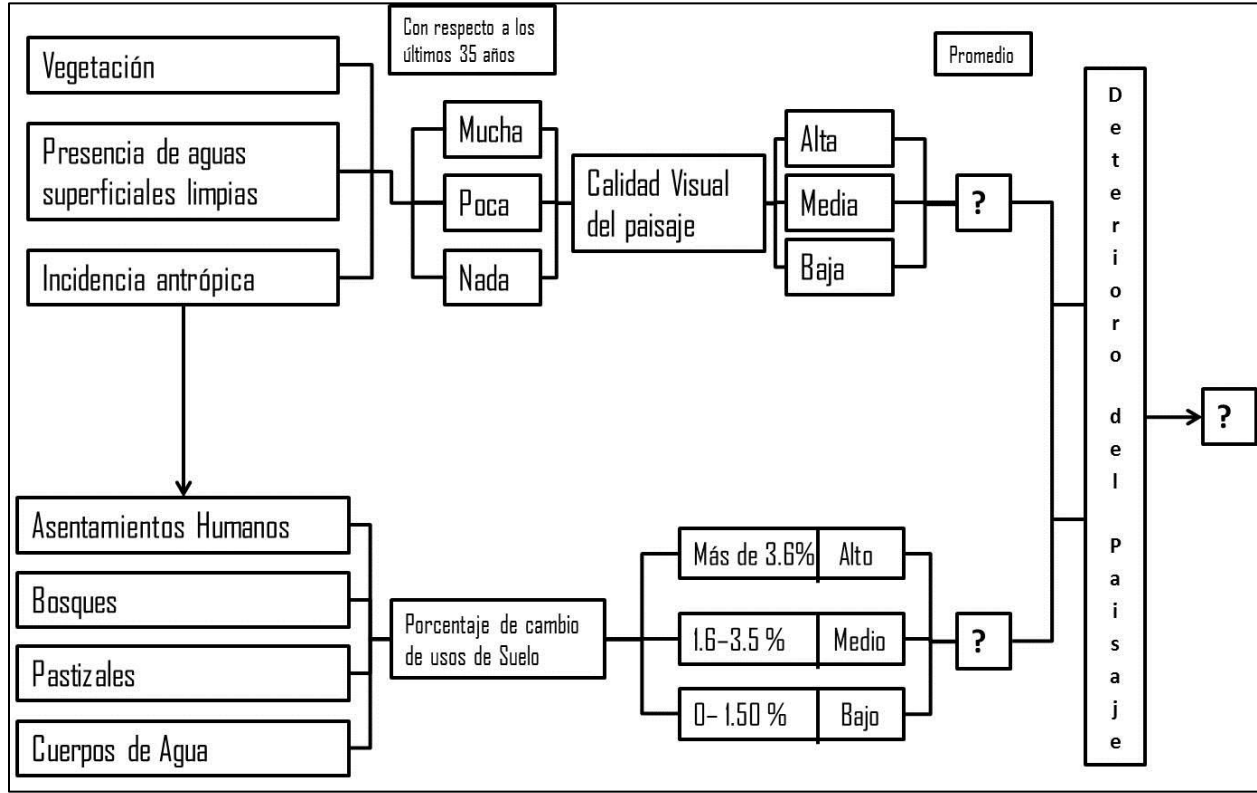
ecosistemas mediante encuestas relacionadas a la pérdida de flora y fauna. Finalmente, a través de un análisis de laboratorio y de percepción se mide la calidad del agua y del suelo.

### 2.2.1. Deterioro del paisaje natural

En el primer capítulo de este documento se habló de la importancia de los recursos naturales en el desarrollo local sostenible, por tal razón se considera que los efectos del agua residual en el paisaje natural debe ser considerado como un elemento que limita el desarrollo de la comunidad; puesto que en el paisaje se expresan los valores estéticos, recreativos, culturales y educativos que proporcionan elementos suficientes para incentivar acciones dirigidas a la creación de bienes y servicios, sobre todo en las actividades turísticas..

El método que se utilizó para realizar este ejercicio es una combinación de la revisión teórica de los métodos directos e indirectos de valoración del paisaje, por una parte la valoración directa se elaboró a partir de la clasificación de las distintas unidades paisajísticas para así observarlas en su totalidad y como una misma unidad, se aprovecharon los recorridos de campo, las consultas bibliográficas y las encuestas realizadas, en cuanto a los métodos indirectos se realizaron encuestas de percepción, las cuales fueron transformadas a valoraciones cuantitativas y cualitativas que permitieron describir los componentes biofísicos y relacionarlos al impacto que ha tenido la actividad del hombre en los ecosistemas, principalmente en los acuáticos. De esta forma se pudo determinar si se ha presentado un deterioro considerable del paisaje. Para dar una respuesta a tal inquietud se siguió el modelo metodológico para la valoración del deterioro del paisaje en la cuenca arroyo el Muerto que se presenta en la ilustración N° VII.

## Esquema VII. Metodología para la valoración del deterioro del paisaje.



De acuerdo con Bernáldez (1991), por paisaje natural se entiende al conjunto de formas y colores que caracterizan a una zona de la superficie terrestre, donde los elementos bióticos y abióticos del territorio no han sido intervenidos por el hombre y constituyen una atracción visual a la población en general. En este sentido distinguimos el paisaje natural, del paisaje artificial o antrópico a través de una serie de unidades paisajísticas que fue elaborada y está basada por las características territoriales (forma del relieve), la hidrología y la flora y fauna existentes. Entre las unidades paisajísticas que se pueden apreciar en la cuenca Arroyo el Muerto se encuentran: los bosques, pastizales, arroyos y lagunas.

En el recorrido del CAM se pueden observar arroyos contaminados; animales muertos, detergentes, grasas y residuos sólidos, son los principales contaminantes, pero a pesar de este contexto los paisajes y arroyos han sido utilizados y explotados mediante el turismo, pues aun cuentan con atractivos estéticos para los visitantes.



### Fotografía N° 3. Contaminación en el arroyo el Muerto.

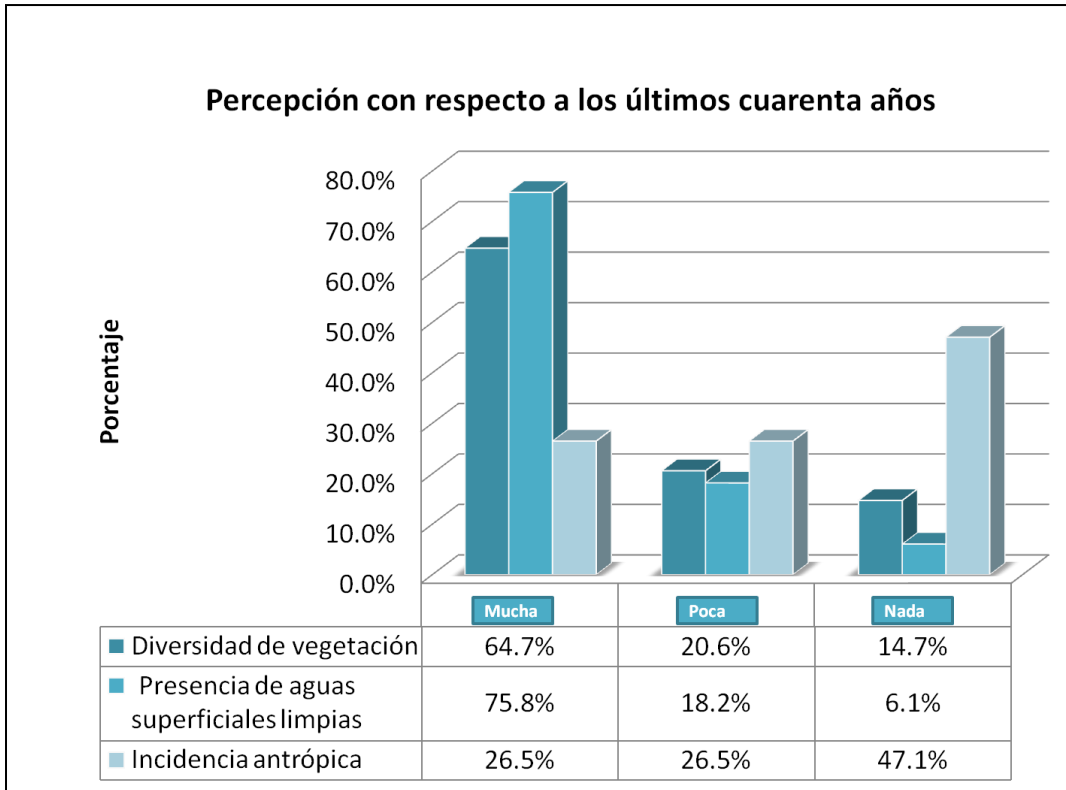


Foto: A. Alvarado

*La fotografía del lado izquierdo muestra un arroyo en perfecto estado, este se encuentra cerca de uno de los manantiales que abastecen de agua a las localidades de San Pedro Atlapulco, Guadalupe Victoria y San Miguel Almaya. Del lado derecho se muestra el mismo arroyo pero después de su paso por el valle del Potrero.*

La calidad visual del paisaje es una forma de medir el deterioro del paisaje, esta adquiere un valor intrínseco pues depende de la percepción de la gente, en este sentido para obtener la calidad del paisaje se preguntó a los encuestados su percepción a través de los criterios: mucha, poca, nada en relación a la existencia de vegetación, la incidencia antrópica y la presencia de aguas superficiales cristalinas con respecto a los últimos 35 años, para el caso particular de esta valoración, se tomaron en cuenta un universo de 303 habitantes, que es el total de individuos que tienen una edad de sesenta años y más; de esta población se tomó una muestra de 34 habitantes, la cual representa el 11.2 % y nos proporciona un nivel de confiabilidad relativamente alto esta selección se hizo bajo el supuesto de que la gente de edad mayor es quien puede proporcionar información más detallada y precisa con respecto a los cambios sucedidos en las últimas décadas. Los resultados obtenidos se muestran en la gráfica N° VI.

## Gráfica VI Valoración de la calidad Visual del paisaje



Fuente: Elaboración propia con base a datos cuantificados de las entrevistas de percepción realizadas

La incorporación de estos tres indicadores, puede no ser suficiente para medir la calidad visual del paisaje, pero la información obtenida por medio de las encuestas, se complementa con la revisión de fichas de campo, en las que se encuentra información adicional en relación a la sensación de bienestar por parte de los encuestados.

En la tabla N°X se muestran los resultados obtenidos en cada criterio con respecto a su existencia hace 35 años, en cuanto a la diversidad de vegetación el 64.7 % de los encuestados afirman que hace 40 años existía mayor diversidad de vegetación, el 75.8% asegura que las aguas superficiales limpias y cristalinas se veían con más frecuencia, los arroyos y ríos poseían un caudal mayor e incluso existía la presencia de fauna. Por otra parte en cuanto el 26 % de nuestra muestra está de acuerdo en que antes existía muy poca incidencia antrópica, explicada a los encuestados como la intervención del hombre en cualquier ecosistema, en este sentido la población sondeada también ha expresado los distintos cambios que se han presentado en su



territorio a partir de la construcción de vialidades, y la instalación de una fábrica de hongos.

En suma, los aspectos cuya relación es estrecha a una alta calidad visual del paisaje natural; diversidad de vegetación y presencia de aguas superficiales limpias presentan un elevado porcentaje de concordancia con respecto a su existencia hace más de tres décadas, la incidencia antrópica, un criterio que afecta negativamente al paisaje natural se presenta con mayor frecuencia (47.1) en la actualidad.

En la siguiente fase del esquema metodológico presentado anteriormente se crea una relación de moda entre los criterios de mucha, poca, nada, con los criterios de calidad visual alta, media y baja, para obtener un resultado final, donde la mayor diversidad de vegetación y presencia de aguas superficiales limpias se asocia a una calidad visual alta del paisaje natural, mientras que la incidencia antrópica en mayor escala es considerada como una calidad baja del paisaje natural. En la siguiente tabla se muestra la valoración realizada para determinar la calidad visual del paisaje.

**Tabla X. Valoración de la calidad Visual del paisaje**

	Moda			Calidad visual del paisaje		
	Mucha	Poca	Nada	Alta	Media	Baja
Diversidad de vegetación	64.7%	20.6%	14.7%	22	7	5
Presencia de aguas superficiales limpias	75.8%	18.2%	6.1%	25	6	2
Incidencia antrópica	26.5%	26.5%	47.1%	9	9	16

Fuente: Elaboración propia en base a datos cuantificados de las entrevistas de percepción realizadas

Los valores encontrados en la escala de color verde representan una alta (3), los valores situados en la escala amarilla representan calidad media (2), finalmente los valores en escala de rojo (4) representan una calidad baja, por tanto, la cuenca arroyo el Muerto posee una calidad visual del paisaje natural baja.

El objetivo de esta valoración del deterioro paisajístico en la CAM, es que el paisaje pueda tomar parte en la gestión del ordenamiento territorial y se le integre en las actuaciones de las instituciones públicas.

El cambio de uso de suelo es un factor fundamental para evaluar el deterioro del paisaje, ya sea por consecuencia de las actividades humanas, o de forma natural, para esto se realizó un análisis de cambio de uso de suelo, de la información presentada en el diagnóstico con respecto a los usos de suelos, estos se clasificaron en cuatro categorías; asentamientos humanos, bosques, pastizales y cuerpos de agua, para así mostrar el porcentaje de cambio en cada uno de ellos con respecto a los últimos 35 años. De esta forma se llegó a los siguientes resultados.

**Tabla XI Tasa de cambio de uso de suelo**

	1976	2011	Variación porcentual	
			Obtenida	Criterio
<b>Bosques</b>	906 ha	990 ha	3.6%	Alto
<b>Pastizales</b>	1350 ha	1203 ha	6.3%	Alto
<b>Cuerpos de agua</b>	19 ha	20 ha	0.4%	Bajo
<b>A. Humanos</b>	26 ha	88 ha	2.6%	Medio

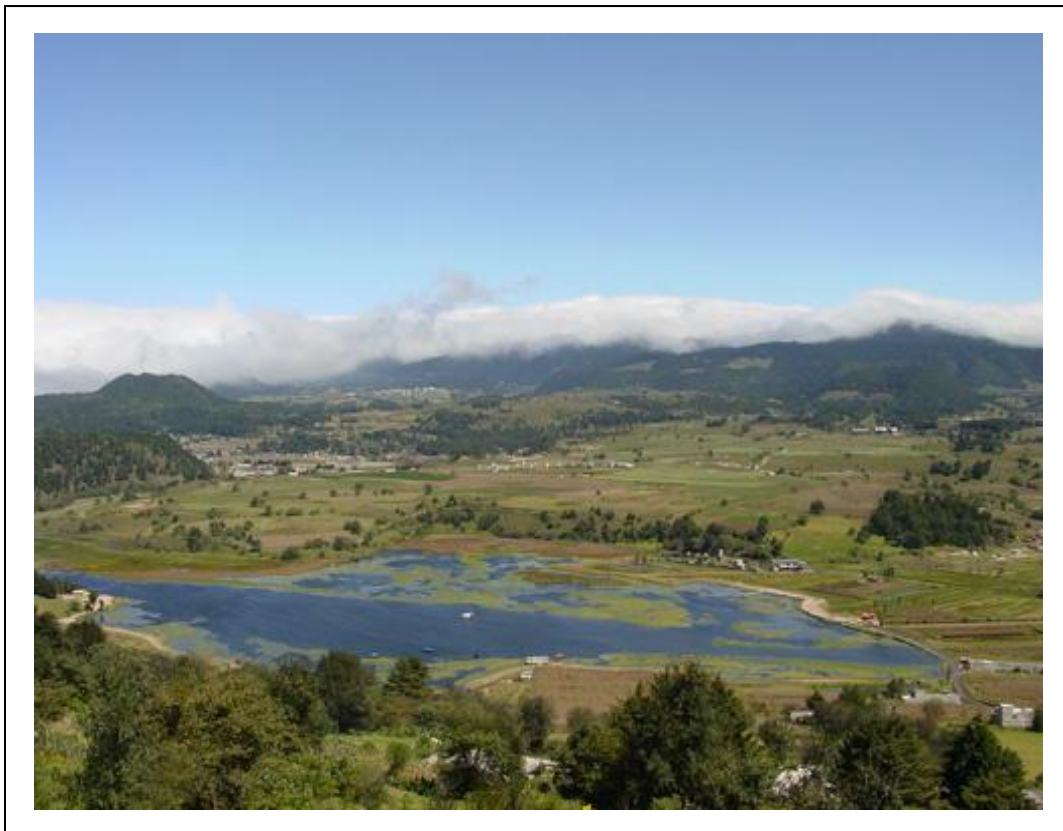
Fuente: Elaboración propia con base INEGI, 2011.

La tabla anterior muestra la tasa de cambio de uso de suelo en la CAM con respecto a los últimos 35 años, los criterios de la variación porcentual han sido establecidos en función de la tasa de cambio de uso anual (Ver esquema N°X), de esta forma se observa que los asentamientos humanos, han tenido un crecimiento considerable, de 26 ha que existían en el años de 1976 se ha pasado a un total de 88 ha en el año 2011, en la tabla se muestra como una variación porcentual media, esto se debe a que está hecha en función de la superficie total de la zona de estudio, sin embargo en las visitas y recorridos de campo se observó un serio problema, pues el crecimiento de estos es amenazante para las zonas forestales y las reservas de agua aledañas. En la tabla también se observa que los pastizales son las zonas que han presentado un mayor

aumento, esto se debe a las prácticas de pastoreo y agricultura de temporal; estas actividades han reducido o de alguna forma impedido la reforestación natural de los bosques. Algunas de las opiniones de la población coinciden en que hay una mejor percepción estética del paisaje cuando hay bosques, una mezcla de vegetación secundaria como lo es el sotobosque y aguas no contaminadas.

Según el análisis de uso de suelo, se concluye que existe una alta variación porcentual en los cambios de uso de suelo, donde predomina la existencia de pastizales que en ciertas épocas del año se usan para prácticas de pastoreo y agricultura, los bosques mantienen un crecimiento constante, el cambio en cuanto a cuerpos de agua se debe a la creación de una presa ubicada en el valle del potrero, finalmente los asentamientos humanos han ocupado hasta ahora 62 hectáreas más desde 1976, el crecimiento de la población y sus actividades socioeconómicas han incidido directa e indirectamente en el deterioro del paisaje natural.

Fotografía N°4. Laguna de San Miguel Almaya



*Paisaje de la Cuenca Arroyo el Muerto*

Con respecto a la superficie total de la zona de estudio, en la que se encuentran distintos tipos de ecosistemas como bosques, pastizales, arroyos y lagunas, el 80% de la población entrevistada afirma que la cuenca se encuentra deteriorada y contaminada, los principales aspectos que consideran son la apariencia turbia del agua y el mal manejo de las aguas residuales de los asentamientos humanos de San Pedro Atlapulco y Guadalupe Victoria, de las viviendas y negocios establecidas en zonas aledañas a las lagunas y arroyos.

Para el caso de los bosques y pastizales, ecosistemas que conforman en gran medida el valle turístico más importante de la cuenca, la mayor parte de los entrevistados aprecian un mal aspecto al paisaje natural, el 70% de ellos afirman que los residuos sólidos presentes dentro del valle degradan la buena imagen de los ecosistemas, y este aspecto es muy relevante al ser una zona turística con una elevada dinámica económica.

#### 2.2.2. Resiliencia de los ecosistemas.

La conservación de un ecosistema limpio depende de los procesos de desarrollo que se vivan en un territorio determinado, cuando hay un equilibrio en el aprovechamiento de los recursos naturales y la demanda de bienes y servicios, se puede hablar de una parte del desarrollo local sostenible, la gran interrogante es saber cuándo un recurso está siendo sobreexplotado, pues bien la resiliencia de los ecosistemas es un indicador con una particular importancia en este documento, pues permite conocer el estado actual de nuestra zona de estudio; la cuenca arroyo el Muerto con respecto a los últimos 35 años.

*“La resiliencia de los ecosistemas es la capacidad de un ecosistema de recuperarse de un disturbio o de resistir presiones en curso. Se refiere a los complejos procesos físicos y ciclos biogeoquímicos regenerativos que realizan los componentes bióticos y abióticos de un ecosistema —en un tiempo determinado— como respuesta para recuperar su estado anterior al*

*efecto producido por el factor externo, y en esa medida tender al equilibrio” (Chamocho, 2005:12)*

Para medir la resiliencia de los ecosistemas que existen en la cuenca arroyo el Muerto, se tomaron dos elementos bióticos importantes que muestran la capacidad regenerativa de los ecosistemas; la biodiversidad. Dentro de los cuestionarios realizados se preguntó por las especies de flora y fauna que existían en mayor abundancia, con respecto a los criterios de antes y después, al tratarse de un análisis cualitativo, la principal fuente de información fue la percepción de los encuestados, según estos, el 80% de ellos percibe que ha habido pérdida de algunas especies de fauna acuática tales como: ajolotes, peces y ranas, animales que hace aproximadamente tres décadas en la región era abundantes y que se usaban para satisfacer necesidades alimentarias. Otro tipo de animales son la especie de peces locales.

En cuanto a la percepción sobre la flora acuática el 60 % señaló que no han notado cambios en la disminución de la diversidad de flora, y el 40% que afirmó que si han percibido cambios, como la planta hoja plana y berros, las cuales actualmente raramente se encuentran en la región.

La intervención de la actividad humana en la cuenca arroyo el Muerto ha tenido repercusiones en la capacidad natural de los ecosistemas para regenerarse, no se puede hablar como tal de la extinción de especies de flora o fauna, pero si de una considerable disminución en su número.

### 2.2.3. Calidad del el agua.

La calidad del agua permite saber los tipos de aprovechamiento que se le puede dar, con el objetivo de conocer la situación de este recurso hídrico en la CAM, se realizó un muestreo de tres puntos de descarga, esta información se presenta en el informe del cuerpo académico de investigación.

Los datos sobre las consecuencias en la calidad del agua por su uso en la cuenca, a partir del aprovechamiento que ahí tiene, se muestran en el resultado del análisis químico realizado en los tres puntos de descarga del alcantarillado de San Pedro Atlapulco, que vierten sus aguas directa o indirectamente en el arroyo El Muerto, así como en el que existe en Guadalupe Victoria. Las muestras fueron tomadas el 12 de noviembre de 2012, entre las 12:00 y las 15:00 hrs, para su cotejo con la Norma Oficial Mexicana que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales (NOM 001 SEMARNAT 1996) (Alvarado, 2013)

#### Características fisicoquímicas y bacteriológicas de las aguas residuales en la cuenca del arroyo El Muerto

Parámetros	Unidad	Puntos de muestreo				
		El Arenal	La Veracruz	Salida a Victoria	Arroyo El Muerto	Guadalupe Victoria
pH		6.93	6.81	6.82	7.19	7.06
Conductividad eléctrica	µmhos/cm	315.0	549.0	466.0	103.8	327.0
Oxígeno disuelto	mg/l	N.D.	N.D.	N.D.	2.24	N.D.
Demanda Química de Oxígeno	mg/l	380.64	292.80	482.14	8.784	201.70
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l	262.42	200.92	328.18	5.94	138.44
Fósforo	mg/l	13.90	19.72	3.78	1.21	3.96
Nitrógeno total	mg/l	22.84	19.84	25.56	5.28	14.13
Sustancias activas al Azul de Metileno	mg/l	10.73	10.38	18.06	4.15	0.76
Grasas y aceites	mg/l	187.70	34.05	40.16	0.25	0.68
Sólidos suspendidos totales	mg/l	130.00	96.0	152.00	127.00	25.00
Sólidos sedimentables	ml/l	2.0	2.5	4.5	1.5	0.3
Coliformes fecales	Colonias/100ml	>240,000	>240,000	>240,000	110 000	>240,000
Cadmio	mg/l	0.01	0.01	0.011	0.011	0.012
Cromo	mg/l	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Cobre	mg/l	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Plomo	mg/l	0.27	0.26	0.14	0.08	0.19
Zinc	mg/l	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.

N.D. = No detectado  
Fuente: ICAMEX (2012).

En relación con los valores numéricos del cuadro anterior el dato del muestreo es muy superior, en la mayor parte de las descargas muestreadas, en el parámetro: Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) que se refiere a una prueba de laboratorio que determina el requerimiento de oxígeno para la degradación bioquímica de la materia orgánica en el agua; su aplicación permite calcular los efectos de las descargas de los

efluentes sobre la calidad del agua en el cuerpo receptor. Los datos de la prueba de la DBO se utilizan para diseñar las plantas de tratamiento de aguas residuales.

Cabe destacar que la NOM 001 establece un máximo de 200 mg/l de DBO, para el promedio diario, de las descargas a ríos que tienen como finalidad el riego agrícola; a la vez que un valor extremo de 30 mg/l, para el promedio mensual cuando la finalidad del río es la protección de la vida acuática. Sin embargo, con excepción del dato obtenido para este indicador en el arroyo El Muerto, para todas las finalidades del agua del río, y en Guadalupe Victoria, cuando la finalidad es agrícola, o de uso público, en el promedio mensual; en el resto de las muestras, los valores obtenidos exceden a la norma, en esta variable. (Alvarado, 2013)

Otro de los parámetros que no cumplen con la NOM 001 SEMARNAT, es el referido a la cantidad de grasas y aceites, que sólo se cumple con las muestras del arroyo el Muerto y de Guadalupe Victoria, en ambos casos, en todas las modalidades.

Como se observa en el cuadro donde se presentan los datos obtenidos en el muestreo, la calidad del agua no es apta para el desarrollo de algunas actividades, la agricultura por ejemplo; en un territorio cuya principal fuente de ingresos es la oferta de servicios, en especial la venta de alimentos y la renta caballos, lo óptimo es que esta actividad se realice de forma constante, sin embargo no es así (Alvarado, 2013)

### 3. Efectos en el sistema social.

#### 3.1. Daños a la salud,

A pesar de que no se puede cuantificar el número de enfermedades asociadas a las aguas residuales, según datos del centro de salud de la localidad de Guadalupe Victoria, se presentan varios casos de enfermedades gastrointestinales, cuya principal causa está asociada al consumo de agua contaminada y alimentos en mal estado.

### 3.2. Conflictos Sociales

Como se mencionó anteriormente, San Pedro Atlapulco se encuentra en la parte media de la cuenca y es la localidad con la mayor densidad de población dentro de la cuenca. La población en general de este asentamiento ha notado que ha disminuido la cantidad de agua procedente de los manantiales con relación a décadas anteriores. En comparación con los últimos años, ahora, en época de estiaje se interrumpe el suministro de agua algunos días de la semana, actualmente no se han presentado conflictos por suministro de agua, pero sí por su distribución. Entre las principales quejas y/o conflictos se encuentran las fallas del sistema de bombeo, la existencia de tomas clandestinas que no pagan por el servicio ocasionando descontento entre la población y finalmente el mal manejo que se le da a las aguas pluviales, pues en su descarga final se mezclan con las aguas negras.

Con respecto a la parte baja de la cuenca el Muerto, las localidades de Guadalupe Victoria y la laguna de San Miguel Almaya manifiestan una situación diferente, dado que el trayecto del río está determinado por la pendiente, estas localidades son afectadas significativamente, pues, el arroyo El Muerto, a su paso por estas localidades, presenta mayor contaminación y esto ha generado descontento por parte de algunos propietarios de criaderos de truchas y por los habitantes y autoridades locales de ambas localidades.

El delegado de la localidad de Guadalupe Victoria ha sostenido varias conversaciones con el representante de San Pedro Atlapulco, en las que demanda se detenga la descarga de residuos sólidos y aguas negras pues contaminan un manantial ubicado dentro de la localidad de Guadalupe Victoria, lamentablemente no se ha podido llegar a un acuerdo.

Finalmente en las viviendas aledañas a la laguna de San Miguel Almaya, como el agua que abastece a su población, predominantemente proviene de los manantiales ubicados en Atlapulco, se han hecho algunos acuerdos, sin embargo existen disputas para acordar el suministro de agua a la localidad de Almaya.



#### 4. Prospectiva del comportamiento de las aguas residuales en el contexto de la cuenca El Muerto

En este apartado se muestra la prospectiva de cuenca El Muerto, la cual consiste en la elaboración de escenarios que muestran las condiciones futuras de nuestro fenómeno de estudio en los diferentes subsistemas que se han tratado en los capítulos anteriores. A pesar de que estas alternativas parecen muy limitadas, pues parten del supuesto de reconocer que nuestro fenómeno de estudio mantendrá en el futuro el comportamiento actual, son de gran utilidad pues proporcionan los elementos necesarios para crear las estrategias de uso y/o manejo de las aguas residuales.

Un elemento importante que se consideró antes de realizar los escenarios de los efectos de las aguas residuales fue el aumento de la población, ya que de este fenómeno se desprenden muchas necesidades y requerimientos en el ámbito socioeconómico y natural.

##### 4.1. Proyecciones de población en la cuenca el muerto.

En el año 2005 la población de la cuenca El Muerto era de 4259 habitantes, dividida en 2 localidades Guadalupe Victoria con el 14% de hab. y San Pedro Atlapulco con el 86% de hab. Para el año 2010 la población incremento en un 13 % alcanzando un total de 4909 habitantes en la cuenca. Cabe destacar, que la tasa de crecimiento promedio anual fue de 16%, lo que indica una fuerte tendencia a la expansión de la mancha urbana y la pérdida de áreas agrícolas y forestales.

**Tabla XII. Población Cuenca el Muerto 2005 - 2010**

Localidad	Años	
	2005	2010
Guadalupe Victoria	597	621
San Pedro Atlapulco	3662	4288
<b>Cuenca El Muerto</b>	<b>4259</b>	<b>4909</b>

Fuente: Elaboración propia con base INEGI, 2005 - 2010.

Tomando en cuenta los datos de la tabla N°8 se elaboró una serie de proyecciones de crecimiento de población para los años 2015 y 2020, los cuales sirvieron para identificar el tamaño de población y la demanda de bienes y servicios que a futuro requerirán. Estos datos fueron obtenidos del Censo de Población y Vivienda del año 2005 elaborado por el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática y por el censo de población y vivienda del año 2010 realizado por la misma institución, aunque los datos dentro de la proyección pueden variar, puesto que como en un principio se mencionó el crecimiento de la población depende de muchos aspectos, por ejemplo el crecimiento natural, que es aquel cuando la población nativa se reproduce y aumenta el porcentaje de habitantes en un mismo territorio o el crecimiento social, que es aquel cuando gente procedente de otros países, estados o municipios y migra a un sitio determinado.

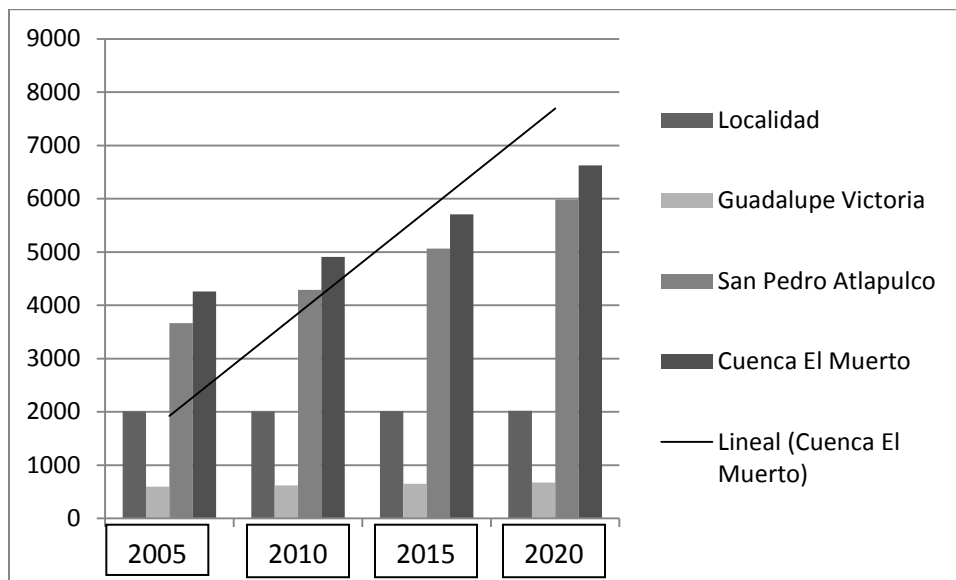
**Tabla XIII. Proyecciones de Población**

<b>Localidad</b>	<b>Años</b>			
	2005	2010	2015	2020
Guadalupe Victoria	597	621	647	675
San Pedro Atlapulco	3662	4288	5066	5984
<b>Cuenca El Muerto</b>	4259	4909	5703	6627

Fuente: Elaboración propia con base INEGI, 2005 - 2010.

En la tabla N°XIII se aprecia el crecimiento de la población en los próximos 20 años; para el año 2015 la localidad de Guadalupe Victoria aumenta su población alcanzando un total de 624 habitantes; en la localidad de San Pedro Atlapulco la población aumenta a 5066 habitantes; en 2020 el total de habitantes en la cuenca el Muerto llega a 6627, un crecimiento considerable para una zona de carácter rural, sin embargo, para el caso particular de la cuenca El Muerto, esta tendencia de crecimiento es totalmente aceptable puesto que su territorio comprende una zona intermedia entre la Zona Metropolitana del Valle de México y la Zona Metropolitana del Valle de Toluca; primera y quinta zonas metropolitanas más grande de México, respectivamente.

**Gráfica VII. Línea de Crecimiento de la Población**



Fuente: Elaboración propia con base INEGI, 2005 - 2010.

Finalmente en la Grafica número VII observamos el crecimiento de la población por localidad y por año, de la cual se puede determinar que del año 2005 al año 2020 el total de habitantes aumentará en 2368 personas, representando un crecimiento del 35% tan solo en 15 años, sin duda alguna el aumento de la población implica una mayor producción de aguas residuales, no sabe con exactitud en qué porcentaje las descargas de aguas residuales aumentaran pero si estas siguen sin algún tratamiento previo es seguro que varios ecosistemas sean destruidos. Al modificarse varios de los ecosistemas que son un recurso económico para las familias de esta cuenca, habrá muchos otros problemas, principalmente de tipo económico y social como migración y pobreza.

Esta situación advierte a la administración pública responsable de estos territorio a generar estrategias de cuidado y preservación del medio ambiente, para poder ofrecer los servicios públicos, como es el agua potable, drenaje y luz eléctrica, además de generar y ofertar nuevas fuentes de empleo para que la población no tenga que migrar hacia otras ciudades y por consecuencia limite el desarrollo de las localidades.

#### 4.2. Escenario del subsistema biofísico.

Dentro del escenario tendencial, los efectos de las aguas residuales en la cuenca El Muerto se intensifican. La población en la cuenca aumenta en un 35% al 2020, por lo que la mancha urbana crece de la misma forma, las actividades agrícolas y forestales disminuyen en poco menos del 40 %, los recursos hídricos decrecen generando problemas de distribución y calidad del agua, ya que las zonas de recarga se ven afectadas por la contaminación de los tiraderos clandestinos y la poca aptitud de los suelos para recargar los mantos freáticos.

El potencial forestal y turístico de las zonas montañosas conformadas por el cerro del muñeco y el cerro Quilotzin se ve afectado por la constante presión del pastoreo, y la tala clandestina, las actividades pecuarias desaparecen debido a la mala calidad del agua y la presencia constante de sustancias que impiden la reproducción de las especies acuícolas.

La explotación del agua subterránea cada vez es más marcada, pues de esta cuenca abastece también a territorios del distrito federal, a tal grado de ser considerada como sobre explotación pues no se respeta el tiempo de captación de los mantos acuíferos. Esta extracción del agua continua siendo utilizada para usos domésticos y agropecuarios, pero aun no se le da un tratamiento adecuado para su reúso o reincorporación a los cuerpos del agua, por lo que termina contaminando el resto del agua potable y dañando los ecosistemas a su alrededor.

## Fotografía N° 5 Arroyo el Muerto



Foto: F. Tenorio

*Contaminación en el arroyo el Muerto; plásticos, detergentes, grasas y animales muertos son la principal fuente de contaminación.*



En relación los suelos, las tendencias señalan que la erosión natural e inducida continúan degradando los ecosistemas y disminuyendo el potencial geo hídrico, esto también se ha asociado al cambio climático que se ha venido presentando en los últimos veinte años en el contexto mundial, se manifiesta a través del cambio de temperaturas, la disminución de la precipitación, en el contexto regional la disminución de producción de agua en la cuenca y del deshielo aportada por el volcán Nevado de Toluca, afectan al abastecimiento del líquido en las ciudades aledañas a la cuenca.

### Fotografía N°6 Presencia de erosión en la cuenca el Muerto

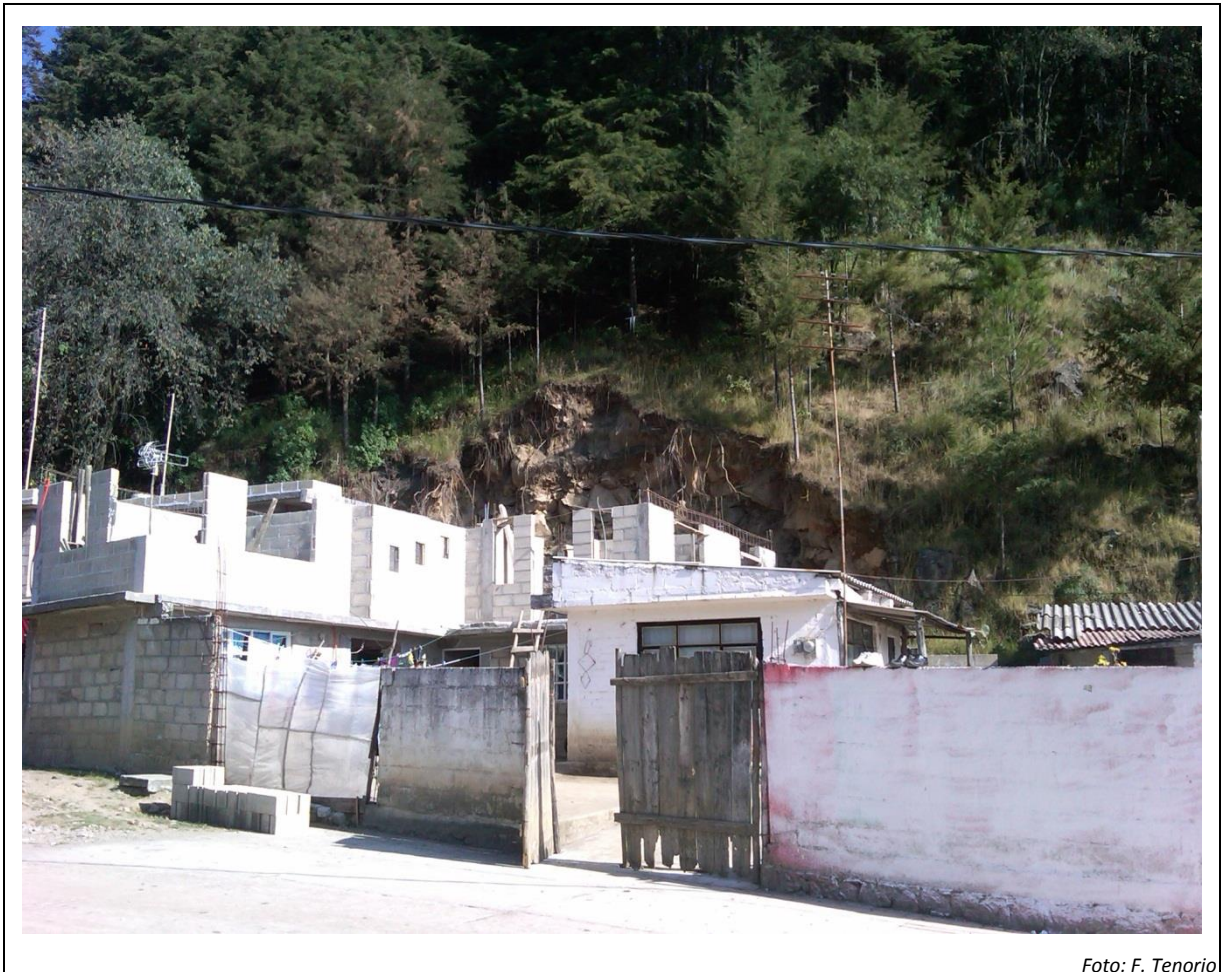


Foto: F. Tenorio

*Contaminación en el arroyo el Muerto; plásticos, detergentes, grasas y animales muertos son la principal fuente de contaminación.*

Con el deterioro de los paisajes en las zonas turísticas de los valles, el cambio de actividades productivas se orientan al sector primario con el avance de la frontera agrícola, el consecuente empobrecimiento de los suelos, el deterioro de la productividad del campo y la pérdida total o parcial de la producción habrá un déficit de empleo provocando la migración a las zonas metropolitanas cercanas.

Como se ha notado la cuenca cuenta con condiciones naturales orientadas a la agricultura y la explotación forestal sustentable y además cuenta con paisajes escénicos que potencializan el desarrollo del turismo, sin embargo estos usos de suelo están en constante competencia con el crecimiento de la población y por tanto, el crecimiento de la mancha urbana. En estas condiciones las oportunidades naturales y su aprovechamiento devienen en la necesidad de sustentar la vida y desarrollo de la población, de ahí que es necesario mantener la disponibilidad y calidad del agua, mantener e impulsar las zonas agrícolas de calidad, conservar el potencial forestal y crear un manual de ordenamiento para los negocios y/o comercios turísticos ubicados en los principales valles, además de promover formas de uso adecuado de la tierra y por supuesto el saneamiento del arroyo el muerto.

#### 4.3. Escenario del subsistema económico.

De acuerdo con los datos presentados en el diagnóstico del caso de estudio, la tendencia es el abatimiento del analfabetismo y el incremento en la instrucción, una mejora en la dotación de servicios públicos en la vivienda, tanto en electricidad, como en agua entubada, sin embargo el drenaje y el tratamiento de las aguas residuales sigue siendo deficiente, presentando un estado crítico en las viviendas que se encuentran en el curso medio y bajo de la cuenca, donde se presentan las mayores adversidades económicas. La oferta de empleo disminuye, pues la dinámica demográfica asciende por encima de la región, el estado y el país, esto se transforma en una debilidad, pues genera un patrón de concentración en la parte alta de la cuenca y de dispersión en las partes bajas, esto asociado con un proceso de polarización y marginación en el territorio.

Dado que el sector más productivo dentro de la cuenca es el terciario, y que las actividades económicas están basadas en un modelo de extracción y aprovechamiento

de los recursos naturales, entre ellos la tierra, el agua y el bosque, la cuenca presenta problemas en el sector económico como el deterioro del empleo, mayor competencia en el mercado laboral, limitaciones para satisfacer las necesidades de una población con una alta tasa de crecimiento y el aumento de la pobreza, la marginación.

Otro aspecto relevante es la disminución de la población ocupada en actividades primarias y el incremento de la mano de obra en el sector terciario, las oportunidades de trabajo se deterioran, pues no hay muchas empresas o microempresas cerca, las existentes elaboran contratos eventuales, por lo que las prestaciones y el bien estar de vida que se debería ofrecer a los empleados es inexistente. La falta de actividades agrícolas genera una dependencia alimentaria con las localidades y/o municipios circundantes, los giros que se realizaban con animales como caballos disminuyen, generando pérdidas a los ejidatarios de las comunidades.

#### **Fotografía N° 7. Pastoreo en la localidad de Guadalupe Victoria**



*Foto: F. Tenorio*



Ciertamente se tienen oportunidades con las que se podría aprovechar el potencial rural y equilibrar los beneficios del flujo de población y productos, ya que la ubicación de la cuenca sigue siendo estratégica, pues se ubica dentro de dos zonas metropolitanas, además de estar cerca del Distrito Federal, la zona centro del país; el mercado latinoamericano más grande, aunado a esto la accesibilidad y el mejoramiento de las vías de comunicación permiten el flujo de mercancías al interior y exterior.

#### 5. Propuestas de uso y/o manejo de las aguas residuales en la cuenca arroyo El Muerto.

Como se ha mencionado a lo largo de todo este documento, la problemática de las aguas residuales tiene repercusiones en los distintos subsistemas; biofísico, económico, social, por lo que su mitigación requiere de la aplicación de medidas integrales en estos aspectos, ya que son las mismas comunidades las que poseen conocimientos acerca de sus territorios, deben ser las mismas comunidades las que se organicen y participen en las acciones de cuidado, protección y aprovechamiento de los recursos hídricos, sin negar por supuesto, la ayuda de algunos agentes externos.

En este sentido, con base a los resultados obtenidos por nuestra metodología y a la prospectiva elaborada en el subcapítulo anterior, en este apartado se expone una serie de propuestas a corto plazo encaminadas al uso y/o manejo adecuado de las aguas residuales para mitigar sus efectos negativos en el desarrollo sostenible de las localidades estudiadas. Cabe destacar que en la formulación de dichas estrategias se considera el marco legislativo en materia planeación territorial, explotación de recursos hídricos y tratamiento de aguas residuales presentados en el capítulo II de esta investigación.

Efecto	Propuesta	Contribución al DLS
-Deterioro del paisaje natural. -Resiliencia de los ecosistemas. -Amenaza del desarrollo de las actividades económicas	Planeación del territorio para un desarrollo integral y sostenible. Acciones: - Establecer límites de crecimiento urbano. - Ampliar el sistema de drenaje. - Construcción de una planta tratadora de aguas residuales. - Uso de aguas pluviales. - Direccionar el crecimiento de las actividades económicas en el valle del potrero	- Respetar los usos de suelo y limitar y/o direccionar la mancha urbana permitiría la supervivencia de flora y fauna; la conservación de los ecosistemas y por lo tanto la disponibilidad de recursos naturales. - La concentración de aguas residuales, en un punto anterior a la descarga y tratarlas permitiría ahorrar costos ecológicos y económicos en la CAM, de esta forma se evitará verter aguas contaminadas a cuerpos de agua limpios.
Costo por limpieza de cuerpos de agua. Daños a la salud.	Orientación de las instancias y dependencias municipales y locales al desarrollo turístico sostenible a través del cuidado del agua y el manejo de los recursos sólidos	- La delegación remunerada de funciones de vigilancia en habitantes y autoridades locales integra a la población en general en la tarea de la conservación de los recursos naturales de la CAM, generando actividades económicas.
Conflictos sociales.	Capacitación a las autoridades locales responsables del manejo y explotación de los recursos naturales	- La capacitación constante de los organismos encargados de la administración de los recursos naturales, se traduciría al desarrollo de nuevas formas de organización para aprovechar de forma sostenible el potencial de los recursos naturales de la CAM

Fuente: Elaboración propia en base a revisión bibliográfica y recorridos de campo

Según (Desmi, 20001) las comunidades construyen sus políticas y estrategias de desarrollo según sus valores, necesidades y aspiraciones, mediante la organización y participación del colectivo, y parten del entorno en el que viven. Por esta razón se resalta la importancia de la convivencia e interacción con los agentes locales, como fuentes de información primordial para la construcción de las propuestas que en un inicio se plantea esta investigación, pues gran parte de la población de la CAM tiene un origen prehispánico y por consiguiente juegan un papel muy importante, como pobladores históricos del área, tienen derecho al uso de los recursos naturales, pues es ésta misma comunidad la que por generaciones los ha utilizado y de alguna forma cuidado, por tal razón la participación y opinión de los agentes locales resulto

fundamental para la planeación y elaboración de las propuestas a continuación descritas:

- 1.1. Planeación del territorio para un desarrollo integral y sostenible de la CAM; disminución de la contaminación de cuerpos de agua por aguas residuales.

**Propósito:** Delimitar y conservar áreas de crecimiento urbano y áreas naturales en función de la representatividad de sus ecosistemas y el uso de suelo actual.

Esta estrategia propone la realización de un ordenamiento territorial integral comunal en la superficie de la CAM, contempla los asentamientos humanos, las zonas forestales, y en particular los comercios establecidos en el valle El Potrero, que es el lugar en donde nace la mayoría de manantiales. Como se argumentó, uno de los principales elementos causantes de aguas residuales se asociado al crecimiento de la población, en este sentido es necesario recordar la variable poblacional en nuestra zona de estudio (Ver Tabla N°X). En la CAM, al año 2010 existe una densidad poblacional de dos habitantes por hectárea, el asentamiento humano más grande es San Pedro Atlapulco, donde habitan 140 personas por hectárea. Según proyecciones realizadas en el apartado anterior, en el año 2020 habrá 6,626 habitantes (3 hab./ha.) en toda la cuenca y 5,984 (196 hab./ha.) en San Pedro Atapulco, para este último una elevada concentración de población en comparación a nivel estatal y nacional como se explica en el capítulo III.

Observar la concentración de población en el territorio de nuestra zona de estudio permite prever los puntos de mayor atención en cuanto a la generación y manejo de aguas residuales, así mismo delimitar las zonas de crecimiento urbano para no afectar el curso de los ríos, su flora y fauna y evitar la localización de viviendas en zonas de riesgo.

Aun cuando esta localidad ha sido arrasada por el agua en épocas anteriores, la población actual, está volviendo a localizarse de forma dispersa en las partes bajas de la elevación que comprende la mancha urbana actual, ciertamente esto genera problemas de varios tipos, por un lado la inaccesibilidad a sistemas de drenaje por parte de estas viviendas, esto provoca que dichas viviendas viertan directamente aguas

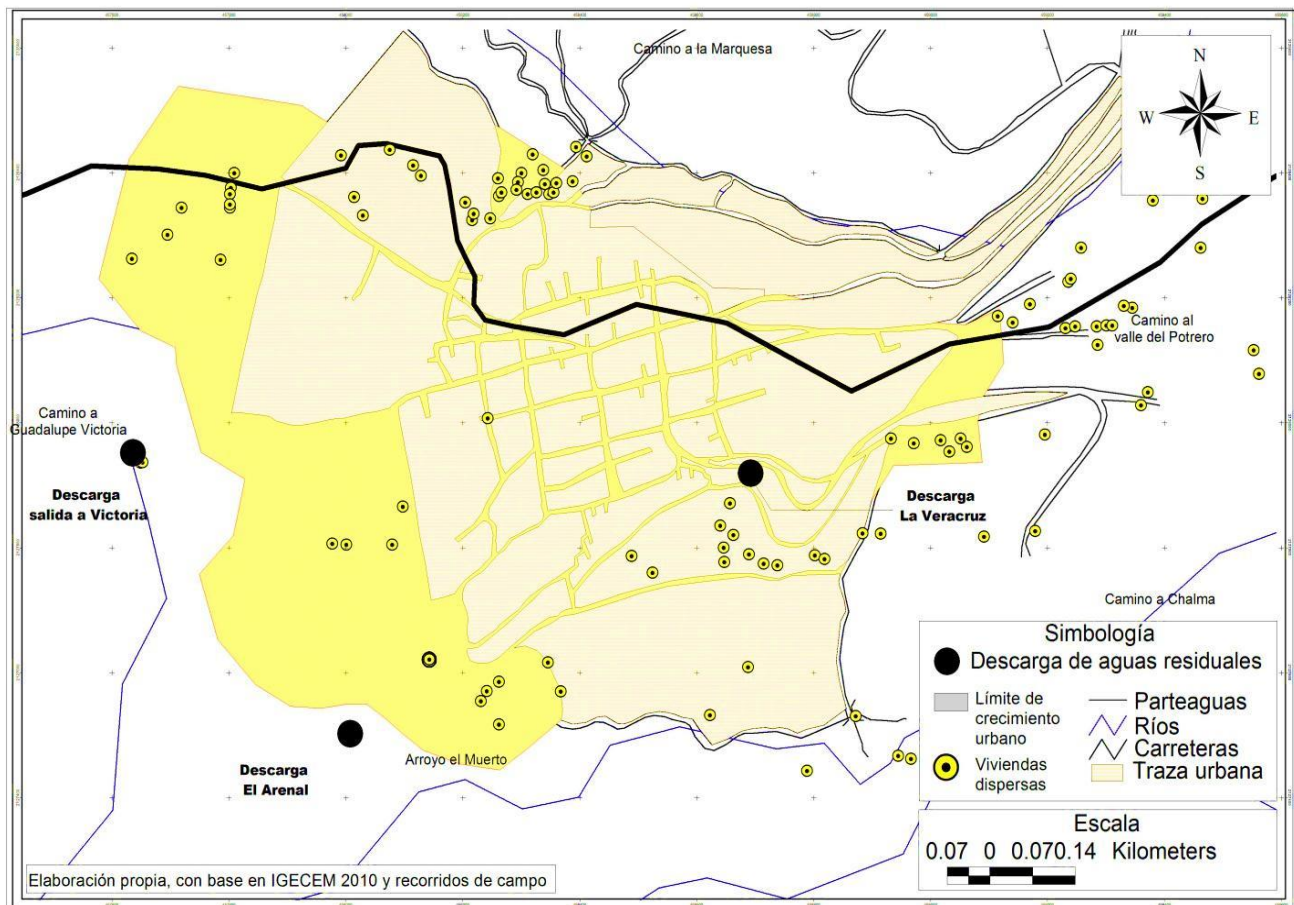
contaminadas a los arroyos, por otra parte los escurrimientos constantes y la consistencia del suelo aumentan el riesgo de deslaves o derrumbes, lo cual representa un riesgo para las familias y viviendas.

- **Acciones:**

En este sentido, para el caso de la localidad de San Pedro Atlapulco se proponen las acciones siguientes.

- Establecer límites de crecimiento urbano.

### Mapa VIII. Propuesta de límites de crecimiento urbano.



Los límites de crecimiento propuestos se fundamentan en tres aspectos: en la dirección nororiente, existen y asentamientos humanos dispersos, a lo largo del tiempo podría consolidarse una nueva manzana, y sería más fácil para la administración dotar de

servicios de drenaje a estas viviendas, la pendiente de la zona va de los 0° a los 7°, una pendiente ideal para urbanizar, los usos de suelo en esta dirección son pastizales, no hay bosques, por lo que el impacto ecológico sería leve, actualmente existe una propuesta para la creación de una planta de tratamiento de agua ubicada en esta dirección.

Por otra parte, en dirección sureste se encuentra el valle El Potrero, un espacio con varios establecimientos comerciales que tiene una repercusión directa en la contaminación del arroyo El Muerto, en esta dirección existen muy pocos asentamientos humanos dispersos, pero la tendencia de crecimiento urbano se dirige a esta zona pues es un punto donde se encuentran varios flujos económicos, evitar el crecimiento en esta zona es indispensable, pues la mayor parte de la superficie terrestre está cubierta por bosques, cuerpos de agua como manantiales y arroyos.

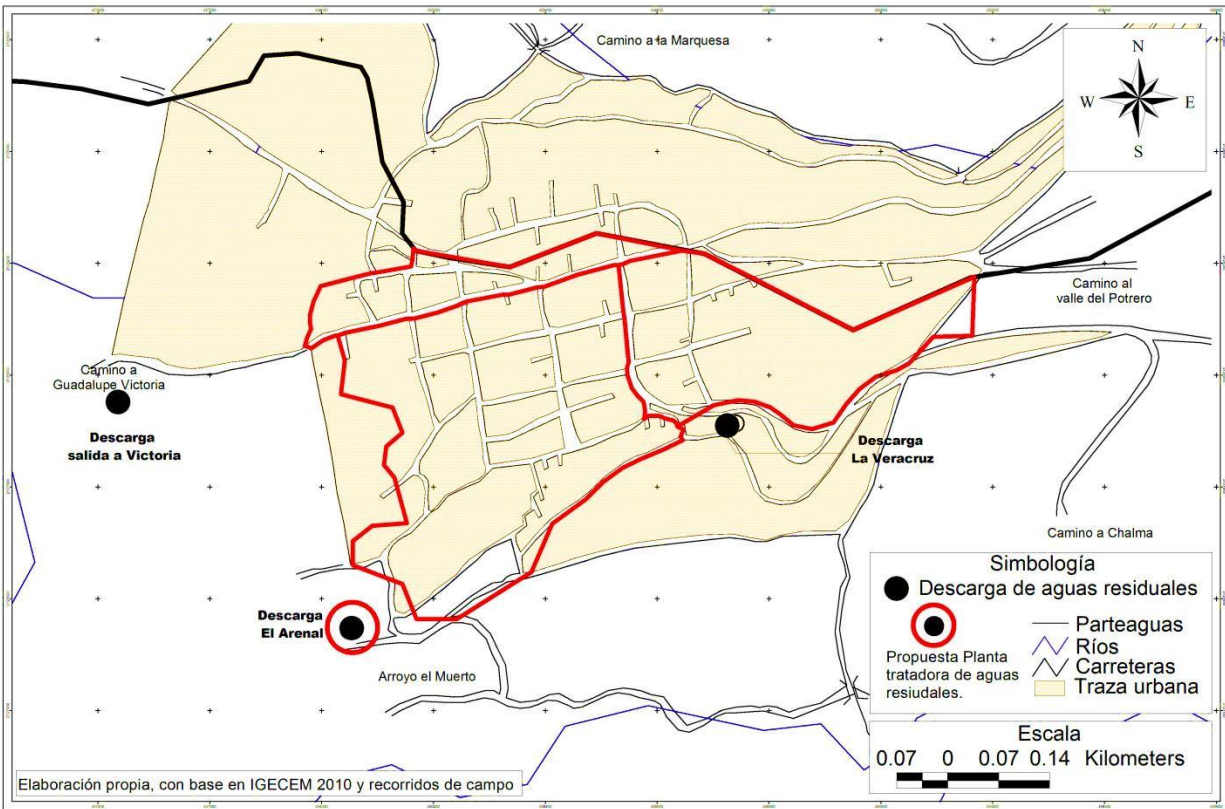
- Ampliar el sistema de drenaje sanitario y pluviales

Actualmente el 95% de las viviendas de San Pedro Atlapulco disponen de sistemas de drenaje sanitario, con respecto al drenaje pluvial, éste, solo cubre aproximadamente poco más del 50 % de la superficie urbana. Evidentemente la recolección de aguas residuales, y la concentración de estas permiten un mejor control en ellas, desafortunadamente los sistemas de drenaje por si solos no solucionan o contribuyen al saneamiento de los cuerpos de agua, por esta razón es indispensable la adaptación o construcción de tecnologías que permitan una depuración previa antes de ser reincorporada al arroyo El Muerto.

- Diseñar, construir, operar y dar mantenimiento a una planta tratadora de aguas residuales.

Hace algunos años se pensó en construir una microplanta tratadora de aguas residuales cerca de la descarga el arenal, sin embargo ese proyecto quedó inconcluso, en base a los diversos estudios y recorridos de campo, se concluyó que el mejor sitio para la construcción de una planta tratadora de aguas es en el siguiente punto:

## Mapa XI. Propuesta planta de tratamiento de aguas residuales



La razón de determinar este lugar se debe a que los arroyos confluyen en este punto, los agentes contaminantes generados por el valle El Potrero, San Pedro Atlapulco y Guadalupe Victoria se concentran aquí y de esta forma el tratamiento será eficiente, por este medio podrá atenderse el problema de saneamiento de la laguna de San Miguel Almaya y abrir paso a la explotación turística de este espacio.

- Uso de aguas pluviales.

A pesar de que la localidad de San Pedro Atlapulco posee un sistema de drenaje pluvial, no se le emplea eficientemente, esta fortaleza de la cuenca puede permitir el ahorro de muchos m<sup>3</sup> de agua potable si se utilizara en actividades alternas, lamentablemente este sistema de drenaje desemboca en el mismo punto que el sistema de drenaje sanitario, ambos tipos de aguas se mezclan y se produce una cantidad mayor de aguas residuales que van directo a El Muerto.

Las aguas pluviales recolectadas pueden almacenarse y usarse para el lavado del parque vehicular público, para el aseo de la delegación, para el riego de los cultivos de avena, entre otras actividades.

Con respecto a la localidad de Guadalupe Victoria, el problema de crecimiento poblacional no representa una amenaza, pues al 2020 se tiene proyectada una población de 675 habitantes, sin embargo las actividades a realizar en esta localidad son claras. Se debe evitar la contaminación por residuos sólidos, además de seguir con las campañas de recolección de basura que hasta ahora se tiene, ´pues en esta localidad la contaminación de cuerpos de agua por residuos sólidos es el principal problema, también debe de establecerse un acuerdo entre los representantes de San Pedro Atlapulco y Guadalupe Victoria con respecto al manejo de residuos sólidos pues algunos habitantes de la comunidad de Atlapulco tiran sus desechos en lugares cercanos e incluso dentro del arroyo el muerto.

- Direccionar y restringir el crecimiento de las actividades económicas en el valle El Potrero

El desarrollo de actividades económicas de corte turístico, principalmente el establecimiento de restaurantes de forma dispersa complica el manejo de las aguas residuales, el valle El Potrero es una de las principales fuentes de ingreso para la población pero de seguir con las tendencias de explotación y contaminación del recurso agua en un periodo no muy lejano habrá transformaciones que afectaran el ecosistema y los paisajes naturales, que son elementos fundamentales para las prácticas en el sector turístico.

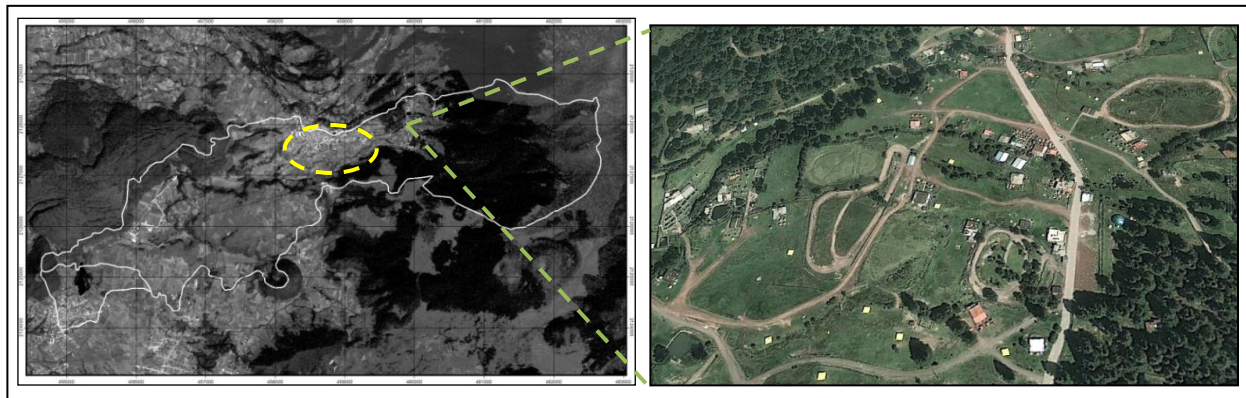
Es necesario organizar los espacios disponibles y existentes para facilitar la concentración de aguas residuales en un solo punto y así aminorar los costos de tratamiento, los establecimientos dispersos existentes pueden implementar técnicas o tecnologías de tratamiento como por ejemplo el SUTRANE<sup>5</sup>. En el siguiente mapa se muestra la dispersión de los comercios dentro del valle El potrero, la mayoría de estos vierten sus aguas sucias directamente a los arroyos.

---

<sup>5</sup> Sistema Unitario de Tratamiento y Reúso de Agua, Nutrientes y Energía.



#### Ilustración IV. Valle del Potrero



Fuente: Elaboración propia con base INEGI, 2011.

Como se observa el valle del potrero esta rodeado principalmente de bosque, y la dirección de su expansión es hacia el centro del poblado de Atlapulco, esta tendencia de crecimiento tendrá un alto impacto en los ecosistemas aledaños, por lo que es urgente una zonificación de las actividades económicas, de esta forma las aguas residuales no se verterán de forma anárquica a los cuerpos de agua y habrá un mayor control y/o regulación de estas.

Es recomendable también, que en los espacios que no tengan vocación turística y donde no es recomendable el desarrollo de nuevas zonas para el turismo con respecto a objetivos de conservación, se comience a desincentivar actividades de cualquier tipo y mitigar los impactos negativos generados como consecuencia del turismo no planificado, como es el caso de los restaurantes cercanos a los manantiales ubicados en los límites de la carretera México – Chalma.

Entre otras acciones que coadyuban de forma indirecta al uso y manejo de aguas residuales y la gestión del desarrollo local sostenible se resalta la implementación de formas adecuadas de uso y manejo de las áreas forestales, con el objetivo de evitar la erosión natural integrada a la población de las localidades dentro de la cuenca en actividades de vigilancia, cuidado y restauración de esta con una remuneración suficiente para su subsistencia. Esto permitirá la adecuada recarga de los mantos freáticos y el problema de la extracción y distribución de agua cesara, además de promover la regeneración del suelo y lograr que tenga las condiciones naturales



necesarias para que microorganismos contaminantes del agua se depuren mientras se filtra al subsuelo y proporcionar agua a las áreas con capacidad agrícola y así mantener su producción, a través de cultivos alternos, que mejoren el ingreso de la población, pero con un cuidado y vigilancia de los fertilizantes que se usen, para que su reincorporación a los arroyos no los contamine.

*1.2. Orientación de las instancias y dependencias municipales y locales al desarrollo turístico sostenible a través del cuidado del agua y el manejo de los residuos sólidos.*

**Propósito:** Lograr que la actividad turística contribuya a la conservación y desarrollo sostenible de la CAM, siendo así una alternativa económica para el beneficio de los usuarios locales y comunidades.

El agua limpia constituye un recurso fundamental para la explotación y/o aprovechamiento turístico de la cuenca, el valle El Potrero como se ha mencionado es el principal punto de fluencia económica, sin embargo la constante contaminación por parte de los negocios locales y los asentamientos humanos genera un mal aspecto en general.

El manejo de las aguas residuales en una zona turística tiene que ser aún más controlado, pues representa un elemento paisajístico que disminuye la atracción visual y por tanto la baja en los flujos económicos, este problema tiene que ver también con el cuidado de las fuentes productoras de agua como los bosques y manantiales, el problema de la contaminación del agua tiene que ser tratado desde su origen.

Esta estrategia contempla aspectos indirectos, principalmente la atención a la producción de residuos sólidos, que de alguna u otra forma terminan en los cuerpos de agua existentes en la cuenca.

- **Acciones:**

- Delegación de funciones a los representantes de los comités y organizaciones encargadas de la administración del valle turístico el Potrero.

Actualmente existe un comité encargado de la administración del valle del potrero, el cual se encarga de la asignación de permisos para desarrollar actividades dentro del valle, sin embargo, los reglamentos y sanciones no son claros, por lo que dentro de este comité se deben precisar las normas y sanciones que se aplicaran antes y durante el desarrollo de actividades por parte de los comuneros, entre las cuales para minimizar los impactos negativos en los recursos hídricos, y no generar aguas contaminadas pueden estar: la adaptación de sistemas de captación de agua, implementar prácticas en las que se evite al máximo el desperdicio del agua, aplicar medidas que restrinjan el uso de sustancias químicas nocivas, como por ejemplo el cloro que es utilizados para el lavado de pisos y baños de los restaurantes, prohibir arrojar residuos sólidos a los arroyos, crear espacios adecuados para la acumulación de estos y separarlos.

- Promover reuniones semestrales o anuales de los comités encargadas de la vigilancia y protección para crear y evaluar las políticas de recolección y manejo de residuos sólidos.

Dentro de estas reuniones los puntos principales a tratar deben estar enfocados al manejo de los residuos sólidos con el fin de que estos no se arrojen de forma anárquica a los diferentes cuerpos de agua, se propone la creación de un reglamento en el que se establezcan la delimitación de espacios para el depósito de basura, también de organismos que se encarguen de la aplicación, vigilancia y sanción del incumplimiento del mismo.

### 1.3. Capacitación a jóvenes y autoridades locales para el manejo y administración de recursos naturales

- **Acciones:**

- Buscar el apoyo de instituciones académicas para la impartición de talleres relacionados a la aplicación de estrategias que permitan mejorar los procesos de conservación y aprovechamiento de recursos naturales.

Los dirigentes y representantes de los organismos encargados de la administración de la CAM, como el COPACI y la organización de bienes comunales, pueden recibir cursos para el cuidado y aprovechamiento de recursos naturales, por ejemplo de manejo forestal, manejo de residuos sólidos etc.

La búsqueda de apoyo por parte de diversas instituciones académicas, para la capacitación proporcionara herramientas teóricas y prácticas, que permitirán a los comuneros identificar y buscar soluciones a las principales problemáticas ambientales como es el caso de la actual contaminación de sus cuerpos de agua.

- Apoyo a estudiantes para realizar estudios relacionados al ordenamiento turístico y educación ambiental.

Con una visión a mediano plazo, la población joven será quien en un futuro se encargara de tomar decisiones con respecto a la situación de los recursos naturales de la CAM, por ésta razón es necesario que las futuras autoridades tengan una preparación académica para elegir un camino de aprovechamiento y desarrollo sustentable.

La preparación universitaria y el compromiso que se adquiera con la comunidad es fundamental para que exista un desarrollo a nivel local, siendo los mismos habitantes los que se encarguen de dirigir y crear las políticas de ordenamiento territorial y desarrollo económico de la CAM.

- Fomento de educación ambiental.

Es importante fortalecer los juicios y valores de las comunidades y de los visitantes a la cuenca arroyo el Muerto pues son estos quienes consumen y contaminan los recursos naturales, el agua requiere un cuidado particular pues de ellas derivan varias actividades de tipo doméstico y económico.

- Lineamientos.

Para el caso de los habitantes de la cuenca es necesario:

- Realizar pláticas de concientización con relación a la importancia del cuidado del agua.
- Incorporar en los programas de educación básica contenidos en materia ambiental, que garanticen el desarrollo de conocimientos y habilidades para realizar mejores prácticas encaminadas al cuidado del agua.
- Fomentar el uso de detergentes biodegradables para el lavado o aseo domestico
- Organizar talleres que permitan desarrollar habilidades para la fabricación de objetos y/o utensilios domésticos con materiales reciclados y así evitar que estos terminen en la basura o en los cuerpos de agua.
- Alentar a la participación de los comités y a la población en general a realizar campañas de limpieza y vigilancia de los cuerpos de agua de forma voluntaria.
- Evitar arrojar desperdicios orgánicos a los cuerpos de agua: ríos, arroyos o lagunas.

Para el caso de los visitantes a la cuenca y al valle de El Potrero:

- Depositar la basura en los espacios proporcionados por la comunidad y las autoridades locales,

- Los visitantes deberán de retirar todos los residuos sólidos que hayan generado durante su estancia en la cuenca en caso de no existir espacios destinados para el depósito de la basura.
- Respetar las zonas permitidas para las caminatas y paseos a caballo por los prestadores de este tipo de servicios, sin alterar la flora y fauna de los lugares.
- No establecer campamentos y estacionar vehículos fuera de los sitios permitidos.

## **B. Conclusiones.**

La contaminación por aguas residuales representa uno de los factores limitantes de desarrollo, por los efectos que genera ésta en los diversos subsistemas biofísico, económico y social en el territorio, por esta razón se definieron estrategias que permiten contribuir al desarrollo local sostenible de las comunidades del caso de estudio. Para ello, se llevaron a cabo una serie de actividades: primero se procedió a elegir el marco teórico-metodológico que considera la complejidad de la problemática del agua residual; segundo se identificó el marco normativo y legislativo que existe en torno al manejo de las aguas; en seguida se caracterizó y diagnosticó la situación de las aguas residuales vertidas en el arroyo El Muerto; y finalmente con base a la investigación previa se indagaron los efectos del agua residual que de manera particular se generan en los subsistemas de la cuenca, y tras una formulación de escenarios se definieron las propuestas orientadas a contribuir el desarrollo, en adelante se enunciará el desenlace de cada actividad.

La cuenca arroyo El Muerto es un territorio que ha experimentado cambios en su territorio, su ubicación intensifica la constante amenaza a sus recursos naturales; principalmente por su localización entre dos grandes zonas metropolitanas del país, la de México y la de Toluca, y en donde se vive un déficit hídrico. Asimismo, destaca su importancia por encontrarse en una zona de recarga acuífera y dentro de un área de contaminación importante, al ser parte de la cuenca alta del río Lerma.

Dada la naturaleza de la situación del agua residual, en donde la intervención del hombre en la naturaleza representa un sistema complejo de relaciones físicas, químicas, biológicas, sociales, políticas, económicas y culturales, se adoptó la perspectiva de Sistemas, la cual permite observar el fenómeno desde sus distintas vertientes, y como partes de un todo, para lograr una respuesta más próxima a la realidad. Dicha perspectiva vincula la actividad humana y el cuidado de los recursos naturales en términos de convergencia política, económica, social y ambiental; las aguas residuales representan un problema para el desarrollo local, y si bien es más barato extraer un m<sup>3</sup> de este líquido, que recolectar y tratar o potabilizar la misma cantidad de aguas residuales, se observa que existen una serie de afectaciones

directas e indirectas a la cuenca El Muerto que derivan en costos intangibles entorpecedores del proceso de desarrollo local (como la explotación turística), que de alguna forma son más elevados que el tratamiento de aguas residuales.

Asimismo, el ámbito local fue considerado el espacio adecuado para conocer las características particulares de la situación del agua, así como el ámbito para diseñar estrategias de aprovechamiento, restauración y/o conservación para el beneficio de las sociedades y sus necesidades. De ahí que, se abordó el enfoque de Desarrollo Local Sostenible, como el instrumento teórico para visualizar el problema y soluciones del agua residual, este enfoque destaca un principio de gran significancia, la participación de los agentes locales, pues son los protagonistas más próximos para actuar sobre el recurso agua.

Entendiéndose por efecto, a las variaciones producidas por algún componente del agua residual en los subsistemas biofísico, económico y social, trayendo con ello posibles transformaciones en la dinámica de los ecosistemas, se establecieron los indicadores que permitieron averiguar sobre las mismas. Con relación a la metodología utilizada en esta investigación, se observó que a pesar de que se indagó la opinión de los agentes locales de diversos niveles jerárquicos, su percepción con relación a las transformaciones producto de las aguas residuales no fue diferente, esto puede explicarse porque son las mismas personas que han crecido dentro de la cuenca y que en algún momento han ejercido un cargo público o de representación popular para administrar estos territorios. También es importante resaltar que la mayoría de nuestros datos estuvieron recolectados a partir de entrevistas de percepción y recorridos de campo, la validez de estos es suficiente para afirmar que ha habido una serie de efectos negativos en los recursos hídricos de la CAM, y que de éstos han derivado otros más, en los subsistemas económico y social, pues son los agentes locales quienes han vivido las transformaciones y quienes padecen las consecuencias.

Las aguas residuales directa o indirectamente provocan este tipo de efectos que limitan el desarrollo de las comunidades, pues al encontrarse con una calidad y cantidad pésima se detienen muchas actividades que se realizan cotidianamente, en el

caso de los asentamientos humanos, afecta desde la producción de alimentos hasta el consumo de los mismos, para la industria, es un tanto peor, pues la mayoría de estos gastan altas cantidades del líquido en la producción de bienes o servicios y no le dan una depuración o tratamiento

El crecimiento de la población y la proliferación de la actividad turística desorganizada y no planificada en la cuenca El Muerto, actualmente representa perjuicios a los recursos del medio natural y a pesar de que estos últimos son el atractivo principal y la base económica de gran parte de la población, no se han realizado acciones concretas para mitigar esta problemática pues no existen estudios en los que se estimen los daños a largo plazo, también puede atribuirse a la falta de conocimientos en relación a la tecnología o equipo necesario en determinado territorio para el tratamiento de aguas residuales.

En cuanto a la normatividad, a nivel federal, estatal y municipal existen leyes y normas que regulan el manejo de aguas residuales y el establecimiento de asentamientos humanos en zonas determinadas, sin embargo por los atributos rurales, existe mala coordinación y poco interés entre las autoridades municipales encargadas de los territorios pertenecientes a la cuenca para el tratamiento de las aguas residuales, además de que no existen organismos encargados de vigilar este tipo de normas

Por otro lado, al delimitar nuestra zona de estudio como una cuenca hidrológica permitió caracterizar y diagnosticar el territorio a través de un estudio a nivel local que de alguna forma es completo, pues se estudiaron las diferentes partes y agentes que constituyen la problemática que esta investigación intenta resolver, dentro de las limitaciones, podemos mencionar la disponibilidad de información, como los costos económicos o cuantificables que el agua residuales genera en la CAM.

Finalmente la elaboración de escenarios tendenciales fue un pilar fundamental para formular estrategias encaminadas a atender y prevenir las consecuencias inmediatas y con mayor incidencia en el desarrollo. El ordenamiento territorial, la visión de desarrollo turístico sostenible y el fomento a la cultura ambiental, en su conjunto propician la disminución de la contaminación de cuerpos de agua y los diversos efectos



provocados, como la pérdida de especies de flora y fauna, conflicto sociales, deterioro del paisaje natural y daños a la salud.

El contenido de las propuestas presenta una serie de acciones que involucran la participación de los habitantes, el sector privado por llamar así a las cooperativas encargadas del sector turístico y a la administración pública, que en su conjunto pueden atender la problemática que actualmente se padece y asegurar el desarrollo de actividades para el beneficio de la CAM.

Está claro que el problema de insuficiencia de agua potable y de tratamiento de aguas residuales representa una gran controversia a nivel global, por esta razón la actuación de las autoridades públicas a nivel local representa una vertiente complementaria a las acciones que a nacional u otro nivel de gobierno, pueda realizar; para optimizar este proceso es necesario atender la problemática con un enfoque local y sistemático, a través de la planeación territorial, que resulta un ejercicio multidisciplinario que debe realizarse de forma constante y vigilada; usar una cuenca hidrológica como unidad básica de planeación territorial resulta idóneo para promover el desarrollo local sostenible, pues en ella se encuentran los recursos naturales y humanos que permiten generar un polo de desarrollo a nivel regional, y generar un dinamismo que afecta a escalas territoriales más grandes mejorando la calidad de vida de la población en general.

## Bibliografía.

- Acevedo Marino, A., Garrido Pérez, C., Nebol Sanz, E., Sales Márquez, D. (2005) Fenómenos de Dilución y autodepuración de un vertido de aguas residuales urbanas en un ecosistema litoral: el caso del estuario del río (suroeste de España) *Ciencias Marinas*, mayo, año/vol.31, N° 18 Universidad Autónoma de Baja California, Ensenada, México Pp.221 – 230.
- Alburquerque, F. (2000): Las agencias de desarrollo regional y la promoción del desarrollo local en el Estado español, LC/R.1973, Santiago de Chile, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).
- Anaya Cadena Vicente, “*Diccionario Política, Gobierno y Administración Pública Municipal*”, Colegio Nacional de Ciencias Políticas y Administración Pública, A.C., Primera Edición, México, 1997, p. 194.
- Arreguin, Felipe (2011). Simposio: Las ciencias de la Tierra en el estudio del Agua Subterránea Disponibilidad de Agua Subterránea en México, Comisión Nacional del Agua, México Distrito Federal.
- Atlas Ecológico de la Cuenca hidrográfica del Río Lerma (1993). Tomo I Gobierno del Estado de México
- Ayuntamiento de Madrid, (2004), El Desarrollo Sostenible Local y la Agenda 21 “Una Responsabilidad y un Compromiso Municipal, Departamento de agenda 21 C/ Bustamante, 16 – 5º, 28045 Madrid.
- Bernáldez F. (1991) Diversidad biológica, gestión de ecosistemas y nuevas políticas agrícolas. En: *Diversidad biológica*. F.D.Pineda, M.A.Casado, J.M.de Miguel, J.Montalvo. (Eds). Fundación Ramon Areces. Madrid: 23-31.
- Carmona Lara, María del Carmen (1992). Modernización del derecho mexicano. Reformas constitucionales y legales. Los problemas ambientales y la legislación ambiental y ecológica en México (Notas para la preparación de una agenda legal ambiental). UNAM Pp. 207 – 229. Ciudad de México 1992.
- Chamocho, Walter (2000) Las comunidades indígenas y su evolución en el proceso de adaptación territorial, resiliencia y desarrollo endógeno: teorías y notas del contexto latinoamericano, Ensayo.
- Chang H. Joon (2002) “Pateando la escalera. La verdadera Historia del Libre Comercio” USA. Tesis Doctoral en Economía, Facultad de Ciencias Económicas y Ciencias Políticas, Universidad de Cambridge.

- CMMAD (1987) Comisión Mundial Para el Medio Ambiente y el Desarrollo Nuestro Futuro Común, Informe de Brundtland, Asamblea general de las Naciones Unidas, Nueva York.
- CNA, (2001), Comisión Nacional del Agua Programa Nacional Hidráulico 2001-2006.
- CNUMAD (1992), Conferencia de las Naciones Unidas Sobre Medio Ambiente y Desarrollo.
- CONAGUA (2008), Programa Nacional Hídrico 2007 – 2012, Secretaria de Medio Ambiente y Recurso Naturales, (SEMARNAT) Febrero 2008 México.
- CONAGUA (2011), Estadísticas del agua en México, edición 2011
- Coronado, M. y Oropeza, R. (1998). Manual de Prevención y Minimización de la Contaminación Industrial. Panorama Editorial. México.
- Cortes Martínez, Facundo; Betancourt Silva, Fernando; Medrano Chávez, J. Flavio (2010). Control Inicial en la Descarga de Aguas Residuales Industriales y Comerciales Conciencia Tecnológica, núm. 39, enero-junio, 2010, pp. 43-49 Instituto Tecnológico de Aguascalientes Aguascalientes, México.
- Cortez, H y Delgadillo, J (1999). Política Territorial “*Hacia Un Modelo De Desarrollo Basado En El Territorio*” SEDESOL, Secretaria de Desarrollo Social Pp. 15 – 44.
- Cotorruelo Menta Romeo En A. Vázquez Barquero y O. Madoery (2001). Transformaciones globales, instituciones y políticas de desarrollo local. Ediciones Homo Sapiens, Rosario, Argentina.
- Cruz, G., Serrano, R., Zizumbo, L. (2010) Redes de política pública y turismo en San Miguel Almaya. ¿Promotoras o limitantes del desarrollo local? Estudios y Perspectivas en Turismo, vol. 19, núm. 5, septiembre-octubre, 2010, pp. 792-811.
- Donaire, J.A.; Mundet, L. (2002). «Estrategias de reconversión turística de los municipios litorales catalanes.» Papers de Turisme, nº 29, 50-65.
- Duran, D. y LARA, A., (1994). *Convivir en la tierra*. Lugar Editorial, Bs.As. Fundación Educambiente Editorial Mc. Graw Hill.
- Escudero, A., (2004) Desarrollo Local Sostenible a partir del Manejo Integrado en el Parque Nacional Caguanes de Yaguajay, DELOS VOI 2, N°4.
- FAO (2009) Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la Alimentación, División de Población del Departamento de Asuntos Económicos y Sociales

- FAO, (2003). Microcuencas. Una propuesta con enfoque de desarrollo local. FAO-Desarrollo Forestal Comunal-Ministerio de medio Ambiente-Embajada Real de los Países Bajos. Quito, Ecuador. Pp.383
- Ferrero, J. M., (1974). *Depuración Biológica del agua*. Ed. Alhambra. Pp. 120
- Guzmán Soria, Eugenio; Garza Carranza, María Teresa de la; Hernández Martínez, Juvencio; Rebollar Rebollar, Samuel; González Razo, Felipe de Jesús; García Salazar, José Alberto (2010) Análisis econométrico sobre el consumo de agua subterránea por el sector agropecuario en Guanajuato, México *Ciencia Ergo Sum*, Vol. 17, Núm. 2, julio-octubre, 2010, pp. 159-164 Universidad Autónoma del Estado de México.
- Ibarra García, María Verónica (2010) El uso hegemónico del agua en la laguna Chignahuapan 1940-1969 *Revista Mexicana de Ciencias Políticas y Sociales*, vol. LII, núm. 208, enero-abril, 2010, pp. 113-131 Universidad Nacional Autónoma de México Distrito Federal, México.
- INAP, (1991). Instituto Nacional de Administración Pública “El municipio y la ecología” *Gaceta Nacional de Administración Pública y Estatal*. No. 39, 40, 41.
- Lahera R., Virginia (2010). Infraestructura sustentable: las plantas de tratamiento de aguas residuales, *Quivera*, Vol.12, N°. 2, pp. 58 – 69, Universidad autónoma del estado de México, Toluca, México.
- Martí, Luz del Carmen (2005), “El municipio y la participación ciudadana (segunda parte)” *Gaceta Mexicana de Administración Pública Estatal y Municipal*, El gobierno y la ....Electoral, Colegio Nacional de Ciencias Políticas y Administración Pública, México, 2005.
- Martínez, Carretero E., (1987), Recursos Naturales, Biodiversidad, Conservación y Uso Sustentable, Botánica y fitosociología, IDAZA (CONICET). Cc 507 5500 Mendoza.
- Méndez Vergara, Elías (2000). Ordenamiento territorial – ambiental: desarrollo responsable y sostenible, *Rev. Geog. Venez.* Vol. 41 (2) 2000, PP. 281-301.
- Morales, Milagros, (2006), Economía y Desarrollo, “El desarrollo local sostenible N°2, Vol. 140, Jul.-Dic.
- Morello, J., (1982), Manejo Integrado de Recursos Naturales. Serie Opiniones, Recursos Naturales. CIFCA, Madrid.
- Morello, J., (1987), Manejo Integrado de Recursos Naturales, en Brailowsky, *Introducción al Estudio de los Recursos Naturales*> 17 / 28 EUDEBA.

- Mundet Hiern J. (1999). Teorías de la Planificación estratégica. Madrid, España
- Olivares, Roberto, Sandoval Ricardo (2000). El agua potable en México, historia reciente, actores, procesos y propuestas. Asociación Nacional de Empresas de agua y saneamiento de México, A.C. ANEAS, 2000 Ciudad de México .
- OMS, (2005). Organización Mundial de la Salud, Guía sobre el uso seguros de aguas residuales en la agricultura y acuicultura volumen I Aspecto de Política Y regulación.
- OMS, (2010). Organización Mundial de la Salud, Informe sobre la salud en el Mundo, la financiación de los sistemas de Salud, El camino hacia la cobertura universal.
- ONU, (1992). Organización de las Naciones Unidas *Informe de la conferencia de las Naciones unidas sobre el medio Ambiente y el Desarrollo*, Rio de Janeiro, A/CONF., vol. I-IV.
- ONU, (2003). Organización de las Naciones Unidas, “Agua para todos agua para la vida”, Informe de las Naciones Unidas Sobre el desarrollo de los recursos Hídricos en el Mundo
- ONU, (2010) Organización de las Naciones Unidas, Informe sobre el Desarrollo Humano.
- PMNUMC, (1992) *Programa de Medio Ambiente de las Naciones Unidas y Fondo Mundial de la Naturaleza*, Unión Mundial de la Conservación, Asamblea general de las Naciones Unidas, Nueva York.
- Prieto B., Jaime. (2004). El agua, sus formas, efectos, abastecimiento, usos, daños, control y conservación, 2ª ed. Bogotá ECOE ediciones, 2004, Pp. 380.
- Ramón, D. (2009) El uso de aguas residuales en la agricultura en México, revista “Ambiente y Desarrollo” Volumen XIII N° 24, enero – junio de 2009
- Rivas Lucero, Bertha A., Nevarez Moorillon, G. Virginia, Bautista Margulis, Raul g., Pérez Hernández Antonio, Saucedo Terran, Rubén (2003) Tratamiento de aguas residuales de uso agrícola en un biorreactor de lecho fijo, Agrociencia, marzo - Abril, año/vol. 37, número 002, Colegio de Postgraduados Texcoco, México Pp. 157 – 166.
- Rivas, David M. (2004), Desarrollo sostenible y estructura económica mundial, Madrid CIDEAL.
- Romero – Aguilar, Marina; Colín – Cruz, Arturo; Sánchez – Salinas, Enrique; ORTIZ - HERNANDEZ, Laura (2009). Tratamiento de aguas residuales o un sistema

piloto de humedales artificiales: Evaluación de la remoción de la carga orgánica, *Revista Internacional de contaminación ambiental*, Vol. 25, Núm. 3, 2009, pp. 157 – 167, Universidad Nacional Autónoma de México.

Salazar Barragán, Diana Marcela; Serna Mendoza, Ciro Alfonso. (2006). "Ética, medio ambiente y economía". *Persona y Bioética*, núm. pp. 8-34.

Sotelo, E., Cardona, N., Fregoso, A., Enríquez, C., Garrido, A., Caire, G. y Cotler, H. (2005) Acciones estratégicas para la recuperación de la cuenca Lerma – Chapala: Recomendaciones técnicas para las diecinueve subcuentas, Instituto Nacional de Ecología, Diciembre.

Sueli L. Couto Rosa, (2006) *¿Qué es el desarrollo Local?*, Ed. Inédito, Pp. 1 – 6.

Umbría I. y otros. (2008) *Conservación del Agua, Uso, Manejo Y Conservación Del Agua Un Problema De Todos - ACADEMIA – Trujillo – Venezuela – ISSN 1690-3226- Julio-Diciembre. Vol. VII. (14) 2008*

Vázquez, Barquero, (2006): *Desarrollo Económico local”: aproximación a un marco conceptual*, p. 6.

Zurita, Florentina, Hernández, Osvaldo, Sahagún, Araceli (2011) El tratamiento de las aguas residuales municipales en las comunidades rurales de México, *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, Núm. 1, Julio – Agosto, 2011 pp. 139 – 150 Instituto Nacional de Investigaciones forestales, agrícolas y pecuarias estado de México, México

Zury O., William. (2004). *Manual de Panificación y Gestión Participativa de cuencas y*

### ***Fuentes Electrónicas.***

Adams (2006) *The Future of Sustainability Re-thinking Environment and Development in the Twenty-first Century Report of the IUCN Renowned Thinkers Meeting, 29-31 January 2006* [www.iucn.org](http://www.iucn.org) W.M. Adams [Accesado el día 12 de mayo del 2012]

Barlow, Maude. (2004). *Oro azul*. 417 p. Ed. Paidós Barcelona,

Bartolonl Carl R. y Salas Henry J. (1985). *Nuevos Enfoques para la disposición final de aguas residuales en america latina y el caribe*, disponible en: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/scan2/SBV098.pdf>

- Boffill, Sinai., Reyes, Rafael., Torres Félix., Sanchez, Elier. (2009), DELOS Revista Desarrollo local Sostenible “*Desarrollo Local Sostenible a Partir del Manejo Integrado en el Parque Nacional Caguanes de Yaguajay*”, Grupo Eumed.net y Red Académica Iberoamericana Local Global Vol 2, N° 4 (Febrero 2009) Consultado en <http://www.eumed.net/rev/delos/08/index.htm> [Accesado el día 28 de abril del 2013]
- Bokova, (2010) UNESCO Message from Irina Bokova, Director-General of UNESCO, “2010, International Year for the Rapprochement of Cultures”, disponible en: <http://unesdoc.unesco.org/images/0018/001866/186683e.pdf> [Accesado el día 02 de mayo del 2013]
- Brill, A. Kyle (2005) Gestation of water in the Andes, Thesis for completion of Spanish major, explored the cultural and historical issues effecting distribution of water in rural Andean communities, SENIOR RESEARCH September 2005-March 2006~Advisor: Dr. Esteban Loustaunau, disponible en: <http://www.uaemex.mx/plin/psus/rev5/e03.html> [Accesado el día 31 de diciembre del 2012]
- CINU, (2012), Centro de Información de las Naciones Unidas, México Cuba y republica Dominicana, Consultado en <http://www.enbuenasmanos.com/articulos/muestra.asp?art=583> [Accesado el día 30 de abril del 2011]
- Del Río, P. Guadalupe, Hernandez S. Elia, Muñiz S. Ana María, Sanchez, L. Gabriel (2013) Participacion y organización comunitaria, un requisito indispensable en la conservación de los recursos naturales. El caso de los ecosistemas templados de montaña, Instituto Nacional de Ecología, Disponible en [http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/consultaPublicacion.html?id\\_pub=525](http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/consultaPublicacion.html?id_pub=525) [Accesado el día 21 de octubre del 2013]
- Espinoza, Cruz, Susana (2000) Las relaciones de poder entre el Estado y la industria de la comunicación: ámbitos de la legitimidad social, Razón y Palabra, N° 17 Febrero – Abril 2000, disponible en: <http://www.uaemex.mx/plin/psus/rev5/e03.html> [Accesado el día 30 de diciembre del 2012]
- Flores, Bedregal, T. (2003), “*Género y Desarrollo Sustentable*”, Futuros Revista Trimestral Latinoamericana y Caribeña de Desarrollo Sustentable, N° 1 Vol. 1, Consultado en [http://www.revistafuturos.info/futuro\\_1/teresa1.htm](http://www.revistafuturos.info/futuro_1/teresa1.htm) [Accesado el día 28 de abril del 2012]
- Greenpeace, (2013) San Juan Parangaricutiro, Michoacán Disponible en <http://www.greenpeace.org/mexico/es/Campanas/Bosques/Cero-deforestacion/Comunidades-que-protegen-los-bosques/San-Juan-Nuevo-Parangaricutiro-Michoacan/> [Accesado el día 30 de octubre del 2013]

- INEGI (2010): Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Producto interno bruto en México durante el tercer trimestre de 2010, Consultado en <http://www.inegi.org.mx/inegi/contenidos/espanol/prensa/comunicados/pibbol.pdf> [Accesado el día 10 de abril del 2012]
- INEGI (2010), Instituto Nacional de Geografía Estadística e Informática, (2010) "Simulador de Flujos de Agua de Cuencas Hidrológicas", disponible en: [http://antares.inegi.org.mx/analisis/red\\_hidro/SIATL/index.html#](http://antares.inegi.org.mx/analisis/red_hidro/SIATL/index.html#) [Accesado el día 21 de abril del 2012]
- INEGI, (2004). Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Información Estadística sobre el agua, Informe de Estadísticas a propósito del agua 2010. Consultado en <http://www.inegi.gob.mx/inegi/contenidos/espanol/prensa/contenidos/estadisticas/2006/agua2006.pdf> [Accesado el día 18 de abril del 2012]
- Madrigal, D. (2008) Los Problemas Coyunturales De La Planeación En México Y Su Impacto En La Sustentabilidad Y El Ordenamiento Territorial [En Línea] Universidad autónoma del Estado de México, disponible en: <http://www.uaemex.mx/plin/psus/rev5/e03.html> [Accesado el día 28 de diciembre del 2012]
- OMS, (1989) Dietary management of young children with acute diarrhea. A practical manual for district programme managers, por D.B. Jelliffe y E.F.P. Jelliffe. Ginebra, Suiza. Disponible en <http://www.who.int/es/> [Accesado el día 7 de Junio del 2012]
- ONU, (2003). Organización de las Naciones Unidas, primer informe de las naciones unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos en el mundo, Marzo 2003. Consultado en [http://webworld.unesco.org/water/wwap/wwdr/wwdr1/index\\_es.shtml](http://webworld.unesco.org/water/wwap/wwdr/wwdr1/index_es.shtml) [Accesado el día 2 de mayo del 2012]
- Semarnat. (2007) ¿Y el medio ambiente? Problemas en México y el mundo. Semarnat. México. 2007. Disponible en [http://www.semarnat.gob.mx/informacionambiental/documents/sniarn/pdf/yelmedioambiente/version\\_2008/0\\_indice\\_presentacion\\_v08.pdf](http://www.semarnat.gob.mx/informacionambiental/documents/sniarn/pdf/yelmedioambiente/version_2008/0_indice_presentacion_v08.pdf) [Accesado el día 4 de abril del 2012]
- Unesco, (2010) Informe de la UNESCO sobre la ciencia, El estado actual de la ciencia resumen disponible en <http://unesdoc.unesco.org/images/0018/001898/189883S.pdf> [Accesado el día 27 de mayo del 2012]



## D) Anexos.

### 1. Acrónimos.

CAM	Cuenca Arroyo el Muerto.
CARL:	Cuenca Alta del Rio Lerma.
CINU:	Centro de Información de las Naciones Unidas.
CMMAD:	Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y Desarrollo.
CNUMAD:	Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo.
CONAFOR:	Comisión Nacional Forestal.
CONAGUA:	Comisión Nacional del Agua.
CONANP:	Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas.
CONAPO:	Consejo Nacional de Población.
CPELSM:	Constitución Política del Estado Libre y soberano de México.
CPEUM:	Constitución Política de los estados Unidos Mexicanos.
DLS:	Desarrollo Local Sostenible.
FAD:	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
IGEGEM:	Instituto de Información e Investigación Geográfica, Estadística y Catastral.
MTA	Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.
INAP:	Instituto Nacional de Administración Pública.
INEGI:	Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática.
LAEM:	Ley de Aguas del Estado de México.
LAN:	Ley de Aguas Nacionales.
LGEEPA:	Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Medio Ambiente.
LOAPEM:	Ley Orgánica de la Administración Pública del estado de México.
LOAPF:	Ley Orgánica de la Administración Pública Federal.
OMS:	Organización Mundial de la Salud.
ONU:	Organización de las Naciones Unidas.
PROFEPA:	Procuraduría Federal de Protección al Ambiente.
SAGARPA:	Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación.
SEMARNAT:	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
SMAEM:	Secretaría de Medio Ambiente del Estado de México.
UNESCO:	Organización de las Naciones Unidas para la Educación.
WWF	Fondo Mundial para la Naturaleza.

## 2. Listado de Esquemas

- I. Disponibilidad de agua a nivel mundial.
- II. Componentes del desarrollo sostenible.
- III. El papel de las aguas residuales en el desarrollo.
- IV. Análisis de la cuenca arroyo el Muerto bajo la perspectiva de la planeación territorial.
- V. Formulación de indicadores a partir de debilidades, atributos y criterios de diagnóstico.
- VI. Pirámide de Kelsen: Jerarquía de leyes, tratados, normas y reglamentos en materia de planeación territorial y manejo del agua.
- VII. Metodología para la valoración del paisaje.

## 3. Listado de Tablas

- I. Efectos del agua residual en el DLS, indicadores, formas y unidades de medición.
- II. Dinámica Poblacional de México.
- III. Descarga de aguas residuales, 2007.
- IV. Precipitación y clima.
- V. Superficie de la cuenca perteneciente a cada municipio.
- VI. Distribución de usos de suelo, 2011.
- VII. Distribución de usos de suelo, 1976.
- VIII. Densidad Poblacional 2010.
- IX. Descarga de aguas residuales en la localidad de San Pedro Atlapulco.
- X. Tasa de cambio de uso de suelo.
- XI. Población cuenca el muerto 2005 – 2010.
- XII. Proyecciones de Población.

## 4. Listado De Mapas

- I. Regiones hidrológicas de México.
- II. Uso agrupado consuntivo del agua, predominantes por municipio, 2009.
- III. Topografía de la cuenca arroyo el muerto.
- IV. Usos de Suelo
- V. Comparación de cambio de usos de suelo, 1976 – 2011.
- VI. Traza urbana de San Pedro Atlapulco.
- VII. Descarga de aguas residuales en la CAM.

- VIII. Descarga de aguas residuales en la localidad de San Pedro Atlapulco.
- IX. División de la cuenca arroyo El Muerto
- X. Propuesta de límites de crecimiento urbano.
- XI. Propuesta de planta tratadora de aguas residuales.

#### 5. Listado de gráficas.

- I. Contraste regional entre desarrollo y agua renovable
- II. Climograma: Estación San Pedro Atlapulco.
- III. Superficies de la cuenca arroyo El Muerto.
- IV. Distribución de usos de suelo 1976.
- V. Densidad poblacional 2010.
- VI. Valoración de la calidad visual del paisaje.
- VII. Línea de crecimiento de la población.

#### 6. Listado de Ilustraciones

- I. Localización de sistema hidrológico Lerma – Santiago – Chapala.
- II. Estados dentro del sistema hidrológico Lerma – Santiago – Chapala.
- III. Localización de la cuenca alta del río Lerma en el contexto estatal.
- IV. Localización de la Cuenca arroyo El muerto
- V. Desazolve de la Laguna de San Miguel Almaya.
- VI. Valle del Potrero.
- VII. Contaminación en el arroyo El Muero.
- VIII. Laguna de San Miguel Almaya.
- IX. Arroyo El Muerto.
- X. Presencia de erosión en la cuenca El Muerto.
- XI. Pastoreo en la localidad de Guadalupe Victoria.
- XII. Ordenamiento territorial Valle Del potrero.

7. Servicio Meteorológico Nacional: Estación Meteorológica San Pedro Atlapulco.

ESTACION: 00015242 SAN PEDRO ATLAPULCO

PERIODO: 1981-2010

ALTURA: 2,970.0 MSNM

LATITUD: 19°14'35" N.

LONGITUD: 099°23'32" W

Meses	Temperatura	Precipitaciones
E	9.3	15.4
F	10.8	7.7
M	12.7	10.3
A	13.5	37.7
M	13.8	86.8
J	12.9	218.6
J	11.5	203.1
A	11.8	181.8
S	11.8	167.1
O	11.3	76.7
N	10.8	14.8
D	10	9.1