



Universidad Autónoma del Estado de México



Facultad de Planeación Urbana y Regional

Doctorado en Urbanismo

La resiliencia urbana: un análisis de la demanda y disponibilidad del agua potable en los municipios de Lerma de Villada y San Mateo Atenco, Estado de México, 2010-2017

Tesis que para obtener el grado de Doctor en Urbanismo presenta:

Martín Vázquez Sánchez

Tutor académico:

Dr. José Juan Méndez Ramírez

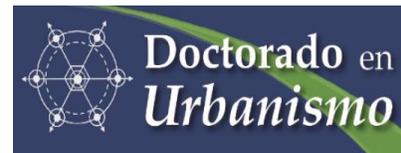
Tutores adjuntos:

Dr. Carlos Alberto Mastachi Loza

Dra. Belina García Fajardo



Toluca, México, Julio de 2018



Gratitud a beca CONACYT por haber hecho posible la realización de esta investigación en el programa de Doctorado en Urbanismo de la Facultad de Planeación Urbana y Regional (FAPUR), inscrita en el Programa Nacional de Posgrados de Calidad (PNPC) en la Universidad Autónoma del Estado de México.

Agradecimientos

En primer lugar deseo expresar mi agradecimiento al director de esta tesis doctoral, Dr. José Juan Méndez, por la dedicación y apoyo que ha brindado a este trabajo, por el respeto a mis sugerencias e ideas y por la dirección y el rigor que ha facilitado a las mismas. Gracias por la confianza ofrecida desde que llegué a esta facultad.

Un trabajo de investigación es siempre fruto de ideas, proyectos y esfuerzos previos que corresponden a otras personas. En este caso mi más sincero agradecimiento al Dr. Carlos Alberto Mastachi, del Centro Interamericano de Recursos del Agua (CIRA) y a la Dra. Belina García Fajardo cuyo trabajo estaré siempre en deuda. Gracias por su amabilidad para facilitarme su tiempo y sus ideas.

Un trabajo de investigación es también fruto del reconocimiento y del apoyo vital que nos ofrecen las personas que nos estiman, sin el cual no tendríamos la fuerza y energía que nos anima a crecer como personas y como profesionales: a Viridiana, la coordinación de posgrado y a Don Álvaro que mantiene ordenada la biblioteca, a los que mantiene en buenas condiciones las instalaciones de la facultad: a los señores: José Marcelo Loza, Juan Sarmiento y Alfredo Villanueva

Gracias a mis amigos, que siempre me han prestado un gran apoyo moral y humano, necesarios en los momentos difíciles de este trabajo y esta profesión: Pedro Guzmán y Armando Estrella.

Dedicatorias

A mi madre Dominga.

Por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor.

A mi padre Macario.

Por los ejemplos de perseverancia y constancia que lo caracterizan y que me ha infundado siempre, por el valor mostrado para salir adelante y por su amor.

A todos, muchas gracias.

Índice

Resumen.....	5
Abstract	10
Introducción.....	14
Capítulo 1. Resiliencia y resiliencia urbana	30
1.1. Contexto histórico de la resiliencia.....	31
1.2. Consideraciones teóricas de la resiliencia.....	34
1.2.1. La resiliencia como concepto	36
1.2.2. Propiedades de la resiliencia.....	37
1.2.3. Características de la resiliencia.....	39
1.2.4. Componentes de la resiliencia	40
1.3. Enfoques de la resiliencia.....	45
1.4. La resiliencia urbana	47
1.4.1. La resiliencia en el urbanismo	49
1.4.2. ¿Qué es la resiliencia urbana?.....	50
1.4.3. Propiedades de la resiliencia urbana.....	53
1.4.4. Características de la resiliencia urbana.....	55
1.4.5. Contexto de desarrollo de la resiliencia urbana.....	57
1.5. El agua como indicador para medir la resiliencia urbana	59
1.5.1. Consumo recomendado de agua según el clima	59
Capítulo 2. Propuesta metodológica.....	64
2.1. Evaluación de la resiliencia urbana.....	65
2.1.1. Metodologías utilizadas para evaluar la resiliencia urbana	65
2.1.2. Elementos para analizar la resiliencia urbana.....	68
2.1.3. Propuesta para evaluar la resiliencia urbana.....	70
2.2. Caracterización metodológica del índice de resiliencia social.....	71

Capítulo 3. Contexto normativo del agua	79
3.1. Contexto normativo internacional del agua	80
3.2. Instrumentos normativos del agua en México	82
3.2.1. Ley de aguas nacionales, 2017	82
3.2.2. <i>Programa Nacional Hídrico 2013-2018</i>	83
3.2.3. Ley del Agua del Estado de México y Municipios.....	85
3.2.4. Decretos de veda y acuerdos de extracción del agua entre el Estado de México y la Ciudad de México	86
3.2.5. Ordenamiento Ecológico de Lerma y San Mateo Atenco	89
Capítulo 4. Demanda y disponibilidad del agua potable en Lerma y San Mateo Atenco	92
4.1. Caracterización de los casos de estudio	93
4.1.1. Aspectos socio-territoriales.....	95
4.1.2. Características socio-demográficas.....	95
4.1.3. Consideraciones generales de la vivienda municipal	101
4.2. Proyección de la demanda de agua municipal	103
4.2.1. Demanda de agua en Lerma y San Mateo Atenco.....	106
4.2.2. Infraestructura hidráulica municipal.....	111
4.2.3. Administradores del agua	114
4.3. Disponibilidad del agua en Lerma y San Mateo Atenco.....	115
4.3.1. Contexto histórico del agua en Lerma de Villada y San Mateo Atenco.....	115
4.3.2. Precipitaciones en los municipios.....	117
4.3.3. Nivel de las aguas subterráneas	122
4.3.4. Contaminación del río Lerma	123
4.3.5. Umbrales de disponibilidad del agua.....	125
4.3.6. Disponibilidad de agua para vivienda.....	127

Capítulo 5. Índice de resiliencia urbana ante la escasez del agua	132
5.1. Contexto del problema	133
5.1.1. Análisis factorial	134
5.1.2. Comparación entre adaptación y transformación	141
5.1.3. Distribución espacial de la resiliencia urbana.....	142
5.1.4. Entrevistas a miembros de comités y OPDAPAS	145
Capítulo 6. Discusión de resultados.....	151
6.1. Perturbaciones en la adaptación	152
6.2. Perturbaciones en la transformación	154
6.3. El estado de resiliencia de Lerma y San Mateo Atenco.....	158
6.4. Medidas para aumentar la resiliencia urbana	160
Capítulo 7. Conclusiones	167
Bibliografía	173
ANEXOS	191
EVIDENCIAS	199

Resumen

El agua es crucial para la adaptación de los municipios, también es un derecho humano sin embargo, no todos tienen el acceso y disponibilidad lo que ha generado una disputa por el agua frente a la escasez, ante ello se han planteado retos no solamente locales sino a nivel mundial para mantenerlo y que las ciudades mantenga un proceso de transformación encaminado a la mejora continua.

En el caso de Lerma de Villada y San Mateo Atenco en el Estado de México se encuentran en una etapa de transición hacia la escasez, el cual se ve afectado por la demanda de los usuarios y la reducida disponibilidad del agua para los municipios, ante esta problemática la resiliencia urbana estudia las ciudades con problemas ocasionados por el Cambio Climático, también se enfoca a problemas para enfrentar la crisis de alimentación, desastres socio-naturales, de políticas, social, económico y ambientales, asimismo se aboca a problemas que plantean serios retos a las zonas urbanas o rurales que están relacionados con la demanda y disponibilidad del agua potable.

Frente a la probabilidad de escasez del agua el trabajo evaluó la resiliencia urbana para marcar pauta para futuros estudios, respondiendo a la pregunta: ¿Cuáles son los actores y factores que alientan la resiliencia urbana ante la demanda y disponibilidad del agua potable de los municipios de Lerma y San Mateo Atenco, Estado de México, 2010-2017? Aunado a la pregunta de investigación como objetivo se evaluaron los factores y actores que determinaron la resiliencia urbana mediante la adaptación y transformación. Para cumplir con el objetivo se propone la metodología para evaluar la resiliencia urbana desde el enfoque de la resiliencia socio-ecológica. Esta metodología considera el diagnóstico ambiental, social, económico y normas en relación al agua; también se auxilia de ocho entrevistas realizadas a actores claves que controlan el agua: Comités y OPDAPAS municipal. Las preguntas de las entrevistas tienen el objetivo de ubicar el tipo de respuesta que tienen los municipios para afrontar el problema de la escasez que se determinó en el diagnóstico, las preguntas se dividen en tres categorías: modular, diversidad y redundancia y son clasificados en adaptación y transformación. Además, se ubicó espacialmente la resiliencia mediante AGEBS urbanos y rurales mediante el índice de resiliencia.

Esta investigación tomó como punto de partida el enfoque de la resiliencia socio-ecológica que se orienta a las personas y la naturaleza como sistemas interdependientes. Esto es cierto para las comunidades locales y sus ecosistemas circundantes, pero la gran aceleración de las actividades humanas en la tierra ahora también lo convierte en un problema a escalas globales (Folke, et al., 2010). Para su evaluación, fue aplicado el método hipotético-deductivo. Los resultados obtenidos están orientados a explicar cuáles son las causas de los eventos físicos o sociales, poniendo énfasis en la naturaleza de dichos fenómenos y en las condiciones en que estos tienen lugar, así como en las razones por las que dos o más variables se relacionan entre sí (Hérrnandez, et al., 1998).

En torno a la discusión y resultados en la parte teórica la resiliencia es ampliamente utilizada en diferentes disciplinas, cada una de ellas presenta casos diferentes, también presentan características y metodologías distintas para su evaluación. Sin embargo, no existe una similitud en cuanto a la forma de medir e identificar los indicadores, esto se debe probablemente a que la resiliencia se ha trasladado de manera distinta en cada área y objeto de estudio.

Con respecto a la ambigüedad de la resiliencia, se debe a la falta de consenso y definición del término, además de la falta de caracterización de las categorías y variables a medir y aunque es explicada de diferentes vertientes no ha sido suficiente para su entendimiento ya que presta a diversas interpretaciones. También se describió la resiliencia urbana como un nuevo enfoque emergente, donde se trató de definir junto con dos propiedades retomados desde el enfoque ecológico que son la adaptación y transformación y desde el enfoque de la Social-ecological-resilience.

La idea de evaluar la resiliencia urbana por medio de la adaptación y transformación es por la facilidad de identificar las variables e indicadores y aunque probablemente se dan de manera simultánea no significa que presenten condiciones similares como en el enfoque ecológico.

Respecto a la normatividad en materia de agua permite identificar factores que promueven la resiliencia urbana como: los decretos de veda, el acuerdo de extracción de 1970, que incita a la construcción de bordos para preservar el agua, y los programas hídricos además, de los Ordenamiento Ecológicos de Lerma y San Mateo Atenco.

También fue posible detectar que el principal obstáculo en la materia lo representan los artículos 27 y 115 Constitucionales, ya que las referencias de estos a la propiedad privada sobre un recurso público y común y a la descentralización de su administración por parte del municipio, han provocado disputas por la posesión, control y manejo del recurso agua entre los habitantes de Lerma y San Mateo Atenco.

Resulta evidente que el control y manejo del agua en México ha dejado de ser exclusivo del Estado por la injerencia de acuerdos y normas internacionales en fomento al desarrollo y que favorece la participación de la iniciativa privada. Con cada vez con más frecuencia, el agua pasa a ser administrada por particulares. Gracias a la descentralización, los municipios poseen mayores atribuciones y libertades para permitir y asignar el manejo del agua a la iniciativa privada. Es importante destacar que, durante la revisión de las normatividades, no se encontraron documentos que establezcan límites para la extracción del agua en los acuíferos, pese al riesgo de escasez que esto implica; sólo ha sido propuesta una ley para su gestión y regulación.

El índice de resiliencia urbana muestra las diferencias que pueden llegar a existir entre los comportamientos de la adaptación y la transformación, permitiendo apreciar que sus procesos ocurren de modos distintos: la capacidad de transformación es lenta y se mantiene constante, mientras que la de adaptación se da a una velocidad mayor, impidiendo su asimilación por los pobladores. Los habitantes de ambos municipios presentan una adaptación y transformación invariables debido a la escasez del agua potable.

La aplicación de este índice presentó un panorama general de las condiciones en los municipios evaluados. Pese a estar ubicados en zonas lacustres cercanas al río Lerma, muestran niveles desiguales de resiliencia, gracias a la concentración de industrias que requieren el consumo de enormes volúmenes de agua, que, a la vez, es enviada de vuelta al lecho del río, altamente contaminada y, en muchos casos, sin ninguna clase de tratamiento. En la realización de este estudio se detectó la pertinencia de incorporar la gestión del agua no sólo desde una perspectiva social, sino desde las mismas condiciones naturales en pos de preservar las fuentes naturales de abastecimiento.

Así mismo se pudo apreciar que en la adaptación de los municipios intervienen las actividades de respuesta y organización por parte de los comités locales y de los organismos municipales que administran el agua. Entre esas medidas se contemplan fuentes

alternas para la extracción, como los pozos artesanales y el abastecimiento mediante pipas. Queda evidenciado, también, que, pese a la magnitud de la problemática, existe poca o nula comunicación y cooperación entre los comités locales, OPDAPAS y ejidatarios a la hora de llevar a cabo dichas acciones.

La resiliencia no sólo tiene lugar en zonas urbanas, también ocurre entre las comunidades rurales, donde la escasez es recurrente. Sin embargo, la falta del agua ha orillado a los habitantes a tomar medidas de adaptación rápida, minimizando los riesgos de afectación; entre ellas, destacan el uso de toma clandestina y el tratamiento del agua mediante plantas potabilizadoras. Lo anterior fomenta la transformación y se traduce en bienestar para algunas zonas de los municipios.

Aunque las acciones realizadas por los actores han derivado en conflictos por el control y la administración del agua, también han impactado de modo favorable para la resiliencia de los municipios; esto se debe a que los servicios brindados alcanzan sólo a pequeños sectores de la población, por lo tanto, cuando el servicio falla, lo hace sin afectar al resto de la población o del territorio municipal, haciéndolos resilientes.

De igual modo, los datos recabados tras el presente análisis de la resiliencia urbana en los municipios de Lerma y San Mateo Atenco indican que éstos se encuentran inmersos en un proceso de adaptación y transformación, debido a la gran cantidad de pozos construidos para solventar la demanda de agua de sus habitantes, pero sin tener en consideración las medidas para la conservación de las fuentes de este recurso.

A lo anterior, deben sumarse factores como la competencia por parte de los tres actores –los comités locales, los organismos municipales y la iniciativa privada– por el control y manejo del líquido, las deficiencias internas de éstos en relación con la organización y suministro de recurso, el incremento en los niveles de consumo ocasionado por los ritmos acelerados de crecimiento demográfico y expansión urbana, y la falta inversiones económicas para la preservación del medio ambiente y zonas naturales de reserva.

Respecto de la adaptación de los municipios, las medidas estructurales implementadas para fomentar la modularidad y la redundancia buscan estimular las dinámicas entre demanda y disponibilidad del agua para ubicarse dentro de la fase de respuesta ante la escasez.

En cuanto a la transformación, la implementación de acciones no estructurales –las políticas, reglamentos y acuerdos realizados entre los comités locales y OPDPAS municipales– en ambos municipios no han presentado los resultados deseados. Las vedas decretadas en torno de la perforación y extracción de las aguas del Sistema Lerma no han ejercido efecto alguno en la recuperación de los acuíferos, pues solamente representan acciones paliativas que no fomentan el mejoramiento gradual a corto, mediano y largo plazo.; todo lo contrario, las extracciones se realizan de manera excesiva, a lo que se debe sumar la falta de normatividad técnica para su preservación.

Abstract

Water is crucial for the adaptation of the municipalities, it is also a human right, however, not everyone has access and availability which has generated a dispute over water in the face of scarcity, faced with this, not only local challenges have been posed, but also globally, in order to maintain it and for cities to maintain a transformation process aimed at continuous improvement.

In the case of Lerma de Villada and San Mateo Atenco in the State of Mexico, they are in a stage of transition towards scarcity, which is affected by the demand of the users and the reduced availability of water for the municipalities, in view of this problem, urban resilience studies cities with problems caused by climate change, it also focuses on problems to face the food crisis, socio-natural disasters, political, social, economic and environmental disasters, It also addresses problems that pose serious challenges to urban or rural areas that are related to the demand and availability of drinking water.

Faced with the probability of water scarcity, the work evaluated the urban resilience to set a guideline for future studies, answering the question: What are the actors and factors that encourage urban resilience to the demand and availability of drinking water in the municipalities of Lerma and San Mateo Atenco, State of Mexico, 2010-2017? In addition to the research question as an objective, the factors and actors that determined urban resilience through adaptation and transformation were evaluated.

To meet the objective, the methodology for evaluating urban resilience from the socio-ecological resilience approach is proposed. This methodology considers the environmental, social, economic diagnosis and norms in relation to water; It also helps eight interviews with key actors that control water: Committees and municipal OPDAPAS. The questions of the interviews have the objective of locating the type of answer that the municipalities have to face the problem of the shortage that was determined in the diagnosis, the questions are divided into three categories: modular, diversity and redundancy and are classified in adaptation and transformation. In addition, resilience was spatially localized through urban and rural AGEBS through the resilience index.

This research took as a starting point the approach of socio-ecological resilience that focuses on people and nature as interdependent systems. This is true for local communities

and their surrounding ecosystems, but the great acceleration of human activities on earth now also makes it a problem at global scales (Folke, et al., 2010). For its evaluation, the hypothetico-deductive method was applied. The results obtained are aimed at explaining the causes of physical or social events, emphasizing the nature of these phenomena and the conditions in which they occur, as well as the reasons why two or more variables are related. each other (Hérrnandez, et al., 1998).

Around the discussion and results in the theoretical part, resilience is widely used in different disciplines, each one of them presents different cases, they also present different characteristics and methodologies for their evaluation. However, there is no similarity in terms of how to measure and identify indicators, this is probably due to the fact that resilience has been transferred differently in each area and object of study.

Regarding the ambiguity of resilience, it is due to the lack of consensus and definition of the term, in addition to the lack of characterization of the categories and variables to be measured and although it is explained in different ways, it has not been sufficient for its understanding since Lends to different interpretations. Urban resilience was also described as a new emerging approach, where it was tried to define together with two properties taken from the ecological approach that are adaptation and transformation and from the theory of Social-ecological-resilience.

The idea of evaluating urban resilience through adaptation and transformation is because of the ease of identifying the variables and indicators and although they probably occur simultaneously, it does not mean that they present similar conditions as in the ecological approach.

Regarding water regulations, it is possible to identify factors that promote urban resilience, such as: the prohibitions of closure, the 1970 extraction agreement, which encourages the construction of boards to preserve water, and water programs in addition, Ecological Ordination of Lerma and San Mateo Atenco.

It was also possible to detect that Constitutional Article 27 and 115 represent the main obstacle in the matter, since their references to private property over a public and common resource and to the decentralization of their administration by the municipality have provoked disputes for the possession, control and management of the water resource between the inhabitants of Lerma and San Mateo Atenco.

It is evident that the control and management of water in Mexico has ceased to be exclusive of the State because of the interference of international agreements and standards in promoting development and that favors the participation of private initiative. With more and more frequency, the water happens to be administered by individuals. Thanks to decentralization, municipalities have greater powers and freedoms to allow and allocate water management to private initiative. It is important to highlight that, during the revision of the regulations, no documents were found that establish limits for the extraction of water in the aquifers, despite the risk of scarcity that this implies; only one law has been proposed for its management and regulation.

The urban resilience index shows the differences that may exist between the behaviors of adaptation and transformation, allowing us to appreciate that their processes occurs in different ways: the capacity for transformation is slow and remains constant, while that of adaptation occurs at a greater speed, preventing its assimilation by the inhabitants. The inhabitants of both municipalities have an adaptation and transformation invariable due to the shortage of drinking water.

The application of this index presented an overview of the conditions in the municipalities evaluated. Despite being located in lake areas near the Lerma River, they show unequal levels of resilience, thanks to the concentration of industries that require the consumption of huge volumes of water, which, in turn, is sent back to the river bed, highly contaminated and, in many cases, without any kind of treatment. In carrying out this study, the relevance of incorporating water management not only from a social perspective, but from the same natural conditions in order to preserve natural sources of supply was detected.

Likewise, it was observed that in the adaptation of the municipalities the response and organization activities are carried out by the local committees and by the municipal organisms that administer the water. These measures include alternative sources for extraction, such as artisanal wells and the supply of cistern tanks. It is also evident that, despite the magnitude of the problem, there is little or no communication and cooperation between the local committees, OPDAPAS and ejidatarios when carrying out these actions.

Resilience does not only take place in urban areas, it also occurs among rural communities, where scarcity is recurrent. However, the lack of water has led the inhabitants

to take rapid adaptation measures, minimizing the risks of affectation; among them, the use of clandestine drinking and the treatment of water by water treatment plants stand out. This encourages transformation and translates into well-being for some areas of the municipalities.

Although the actions carried out by the actors have led to conflicts over the control and administration of water, they have also had a favorable impact on the resilience of the municipalities; this is because the services provided reach only small sectors of the population, therefore, when the service fails, it does so without affecting the rest of the population or municipal territory, making them resilient.

Similarly, the data collected after the present analysis of urban resilience in the municipalities of Lerma and San Mateo Atenco indicate that they are immersed in a process of adaptation and transformation, due to the large number of wells built to solve the water demand of its inhabitants, but without taking into consideration the measures for the conservation of the sources of this resource.

To this, factors such as the competition on the part of the three actors - the local committees, the municipal organisms and the private initiative - for the control and management of the liquid, the internal deficiencies of these in relation to the organization and supply of resources, the increase in the levels of consumption caused by the accelerated rhythms of population growth and urban expansion, and the lack of economic investments for the preservation of the environment and natural reserve areas.

Regarding the adaptation of the municipalities, the structural measures implemented to promote modularity and redundancy seeks to stimulate the dynamics between demand and availability of water to be located within the response phase in the face of scarcity.

Regarding the transformation, the implementation of non-structural actions -the policies, regulations and agreements made between the local committees and municipal OPDPAS- in both municipalities have not presented the desired results. The prohibitions decreed around the drilling and extraction of the waters of the Lerma System have not exerted any effect on the recovery of the aquifers, they only represent mitigating actions that do not encourage gradual improvement in the short, medium and long term; on the contrary, extractions are carried out excessively, to which must be added the lack of technical regulations for their preservation.

Introducción

Las ciudades siguen creciendo al igual la constante demanda del vital líquido y una fuerte presión por la contaminación, demanda excesiva, concentración sólo en algunos sectores sociales y la constante degradación ambiental con pérdidas forestales. El agua es crucial para la adaptación de los municipios, también es un derecho humano sin embargo, no todos tienen el acceso y disponibilidad lo que ha generado una disputa por el agua frente a la escasez, ante ello se han planteado retos no solamente locales sino a nivel mundial para mantenerlo

Para abordar la demanda y disponibilidad del agua de cara a la escasez el protocolo plantea una serie de características que servirán de guía para la realización

La presente tesis analiza una serie de elementos y características en torno de la demanda y disponibilidad del agua potable como factor para la resiliencia urbana en los municipios de Lerma de Villada y San Mateo Atenco, ambos ubicados en el Estado de México.

En primer lugar, se realizó una descripción teórica de la resiliencia urbana, donde serán incluidos los principales aportes de autores especialistas en la materia, así como de las formas en que el concepto es empleado y trabajado desde una perspectiva multidisciplinar.

Posteriormente, se llevó a cabo el análisis de la problemática en torno de la demanda y disponibilidad del agua potable en los municipios ya mencionados, en conjunto con la metodología empleada y adaptada para el estudio del caso, y que será desarrollado a profundidad en las páginas correspondientes.

Argumentos sobre la resiliencia

El término “resiliencia” es empleado con el fin de afrontar, lidiar o superar la vulnerabilidad; es decir, se refiere a la búsqueda por favorecer la capacidad de adaptación y transformación de los afectados por algún desastre socio-ambiental, provocado por el propio ser humano o por la naturaleza.

La amplitud del concepto ha permitido su implementación desde muy variados enfoques disciplinares, como el urbanismo, la psicología, la ecología, la física, la geografía, las ciencias de la salud, la ingeniería y la construcción.

Méndez (2012) utiliza el carácter teórico de la resiliencia en la geografía. Propone una revisión crítica y un análisis de la resiliencia urbana, que incluye sus características, mecanismos y claves explicativas, desde la perspectiva de la geografía, así como sus implicaciones dentro de las políticas públicas. Finaliza con una reflexión sobre su contribución a una mejor comprensión de la desigual capacidad mostrada por las ciudades para enfrentarse a las crisis.

Respecto de la psicología, Martínez & Canales (2011) emplean el término para presentar “factores protectores que promueven funcionalidad en la vida de jóvenes en su educación secundaria”, en la ciudad de Pachuca, Hidalgo. Por su parte, García & Aldana (2011) lo adoptan en sus estudios de psicología infantil, donde, por medio de él, se recuperan las experiencias vitales de tres menores en condiciones de abandono y pobreza que habitan una Casa-Hogar provisional en Ecatepec, Estado de México. Silas (2008) se apoya en el concepto para ilustrar de qué forma los profesores de jóvenes en situación de marginalidad se constituyen en “personas significativas en resiliencia”. Palomar (2012) lo aplica en programas sociales para explicar el impacto positivo del programa de desarrollo humano Oportunidades en el Distrito Federal, en términos de aprovechamiento del apoyo otorgado.

También, a partir de ella, González (2009) reflexiona en torno de acciones preventivas de salud en niños y adolescentes y, en 2008, evaluó la resiliencia de adolescentes mexicanos de secundaria y preparatoria en Tepic, Nayarit. Cabe resaltar que los trabajos orientados a la psicología no consideran factores externos negativos ni las condiciones sociales de vulnerabilidad de los individuos, lo que permite apreciar que sólo están dirigidos hacia la resistencia del problema.

Otra vertiente para el estudio de la resiliencia proviene del urbanismo, que lo adapta como resiliencia urbana y abarca un amplio campo de estudios, que van desde los factores que impulsan el cambio climático, hasta el enfrentamiento de problemáticas causadas por desastres naturales sobre las ciudades, como inundaciones, sequías y la afectación sobre el suministro de recursos naturales como el agua.

Coyuntura de la resiliencia urbana

La resiliencia urbana es una disciplina relativamente nueva. Se enfoca, principalmente, en las ciudades que presentan problemáticas ocasionadas por el cambio climático, pero también al enfrentamiento y solución de crisis alimentarias, desastres socio-naturales, – políticos, económicos y ambientales–, y de otros que plantean serios retos relacionados con la demanda y disponibilidad de agua potable en zonas urbanas o rurales.

Los trabajos de resiliencia urbana en torno de esta problemática son variados. Rodding & Rosbjerg (2004) plantean criterios de verificación –en cuanto a fiabilidad, resiliencia y vulnerabilidad– por medio de fórmulas matemáticas con multiobjetivos en la evaluación del riesgo presente en los sistemas de abasto del recurso agua. Concluyen que existe una fuerte correlación entre vulnerabilidad y resiliencia, de tal forma que un sistema con baja vulnerabilidad (potencialmente más sostenible) presenta un alto grado de resiliencia. Por lo tanto, la vulnerabilidad es una condición para que se dé la resiliencia.

Otro de los enfoques analizados corresponde a la habilidad de las comunidades para enfrentar el problema de escasez del agua. Langridge (2006) elabora un estudio sobre el estrés hídrico mediante antecedentes históricos, mecanismos de control y de acceso al agua en cuatro comunidades de California. El trabajo evalúa procesos y relaciones para adquirir agua y determina que la diferenciación en el acceso al líquido permite obtener distintos niveles de resiliencia en dichas localidades. Este análisis busca alcanzar la resiliencia urbano-ambiental mediante mecanismos de gestión entre la población y la incorporación de políticas dirigidas al control y distribución del vital líquido.

Barnes (2011) realiza la medición de las características de la resiliencia urbana en Queensland, Australia, para abastecer de agua potable las zonas urbanas, teniendo en consideración la existencia de un proceso de expansión de la ciudad debido al incremento de la densidad de población en zonas áridas a un alto ritmo de crecimiento. También contempla la vulnerabilidad del agua ante las variaciones climáticas, las características de las precipitaciones pluviales, la demanda y la infraestructura para su abastecimiento; y sugiere la implementación de reservorios de almacenamiento y plantas de tratamiento.

Todos los estudios anteriormente mencionados plantean la importancia de considerar el incremento, la densidad y la concentración de la población en las zonas

urbanas, con el objetivo de contemplar la demanda y disponibilidad para el suministro y acceso al agua potable de los habitantes, sin perder de vista los efectos que ejerce el cambio climático como un factor externo.

Milman & Short (2008) proponen el estudio de la resiliencia urbana mediante indicadores para el sector del agua, con el objeto de fomentar la sustentabilidad urbana. Estos indicadores consisten en seis códigos de colores que explican el porcentaje de población que tiene acceso a agua segura; contemplan el abastecimiento, infraestructura, servicios financieros, calidad del agua y gobierno; e identifican la vulnerabilidad y brindan información de acceso y disminución en los niveles de agua.

Falkenmark (1989) evalúa la vulnerabilidad del agua mediante indicadores que van desde estrés a escasez. Este modelo es el más utilizado como umbral en la evaluación de la escasez física del agua a nivel regional. El indicador considera la fracción del total anual de escurrimiento disponible para uso humano. Otros autores como Perveen & James (2011) comparan la vulnerabilidad y disponibilidad del recurso agua.

El agua es una variable de control para la resiliencia donde el número de actividades humanas y procesos ambientales determinan el impacto o estado del recurso; los impactos a considerar son: 1) los usos de suelo, 2) la contaminación industrial, 3) la sociedad, 4) la agricultura y 5) el uso doméstico. (Rockström, et al., 2014) Asimismo, se asume un uso insostenible al considerar la concentración de la mayor parte de los recursos entre un pequeño porcentaje de la sociedad, a la rigidez de las instituciones que no responden a las necesidades sociales y al deterioro del agua por la contaminación (Prasad, et al., 2009).

Todos estos autores consideran la vulnerabilidad y sus impactos en el sistema urbano, social, ambiental y económico; sin embargo, no toman en cuenta las interacciones entre la sociedad y el medio ambiente, que están condicionados recíprocamente por la disponibilidad y demanda del agua y, por lo tanto, determinan la persistencia de los recursos naturales.

Otro aspecto considerado en trabajos previos es la condición de las redes de distribución del agua, pues su falta de mantenimiento afecta su calidad y deteriora la confianza de los pobladores que hacen uso de ella. Para esto, se evalúan indicadores como el fracaso, la confiabilidad, la resiliencia y la vulnerabilidad. En los resultados resalta el costo-beneficio de la distribución a través de nodos en las tuberías, proyectando la

implementación de estrategias de repartición para las futuras expansiones de las ciudades (Yazdani, et al., 2011).

En el ámbito social, McAslan (2010) elaboró un estudio en el que contrasta las interacciones de individuos, familias, grupos y sistemas colectivos con el medio ambiente, todos interconectados mediante redes de relaciones basadas en la reciprocidad y en las normas que los rigen. La vulnerabilidad está asociada a la necesidad que tiene una comunidad –como sistema– de enfrentar un fenómeno estresante y de las capacidades para resolverlo que representa individual y colectivamente. El estudio de Hordijk (2014) analiza el papel de los gobiernos municipales como administradores del recurso agua, y propone una nueva configuración que otorgue a la iniciativa privada la competencia en cuanto a su regulación, poniendo en cuestionamiento sí se trata de una transformación o de una transición hacia la resiliencia.

Con respecto del plano internacional, organizaciones sociales como la Disaster Risk Management Sustainability and Urban Resilience, (DiMSUR, 2015) han orientado la resiliencia urbana hacia la reducción de la vulnerabilidad en las ciudades ante desastres socio-naturales y en aumentar su resiliencia como respuesta ante la incertidumbre que resulta de ellos.

Otros ejemplos de esto pueden apreciarse en estudios como el *Climate Resilient Cities*, hecho por el Banco Mundial (Prasad, et al., 2009), el *Manual de las Naciones Unidas para el Desarrollo de Ciudades Resilientes* (UNISDR, 2012), dirigido a gobiernos locales, y otras investigaciones de planeación urbanística afines con el cuidado del medio ambiente en materia de cambio climático, como la de Saavedra & Budd (2009).

En la resiliencia urbana se consideran los aspectos de desarrollo y persistencia del sistema mediante las siguientes políticas y normas: 1) Preparación para el desastre y respuesta, 2) Planeación urbana y ambiental 3) Economía urbana y seguridad, 4) Infraestructura urbana y servicios básicos, y 5) Gobernanza urbana (DiMSUR, 2015).

El primer punto contempla las medidas tomadas antes, durante y después del desastre socio-natural. El segundo implica la organización de los usos de suelo y preservación de espacios naturales. El tercero se refiere al ámbito de aplicación, donde se implementan estrategias para aumentar la capacidad de desarrollo económico –empleos, salud– en las ciudades y, al mismo tiempo, reducir las condiciones de vulnerabilidad por

inseguridad y violencia. El cuarto está orientado a los bienes y servicios para el bienestar de la población –escuelas, hospitales, vías de acceso y comunicación, energía eléctrica, recolección y reciclaje de residuos, etcétera–, entre las que se cuenta el acceso y abasto de agua. El quinto punto incluye las medidas y políticas para la administración de la ciudad, así como la gestión en todos los niveles de gobierno y a escala territorial.

En los últimos años la resiliencia ha surgido como un concepto clave en la política pública. En Estados Unidos, después del 11 de septiembre de 2001, este concepto es utilizado en los procesos de toma de decisiones y dentro del marco institucional de seguridad nacional, preparación y mitigación de desastres (Coaffee, et al., 2009). Su enfoque es el de preservar la salud y la seguridad alimentaria, así como afrontar lluvias y sequías intensas o atípicas que afecten, entre otras cosas, los procesos hídricos como resultado del cambio climático.

La resiliencia urbana abarca todo lo relacionado con el acceso, disponibilidad, demanda, suministro y escasez del agua potable, así como de las políticas públicas en esta materia; sin embargo, no contempla ni indica quienes habrán de ser los encargados de abastecer y administrar el recurso, y tampoco explica la disponibilidad del mismo en su relación causa-efecto entre el medio ambiente y la sociedad.

En México existen muy pocos antecedentes sobre la resiliencia urbana relacionada con la demanda y disponibilidad del agua potable. Sin embargo, sí se han realizado estudios enfocados en la gestión del agua, por ejemplo, la *Guía para la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos de la cuenca Lerma-Chapala-Santiago*, realizada por Díaz-Delgado (2009), la cual describe la implementación y el uso de instrumentos metodológicos para interactuar con los involucrados en la problemática de la cuenca para su recuperación y desarrollo sostenible.

El estudio de Helmer & Hespanhol (1997) trata el tema de la escasez del agua y considera que México enfrenta un desequilibrio entre la demanda de agua debida a su escasez y distribución desigual. Además, señala que la calidad del recurso se encuentra amenazada por el crecimiento urbano e industrial, por la injerencia de diversos factores sociales y económicos, y por el vertido de contaminantes en las aguas sin ser previa o adecuadamente tratados.

Sales (2009) considera los siguientes factores: la desertificación y el azolve de los cuerpos de agua a causa de la tala inmoderada; la contaminación de las cuencas hidrológicas por aguas residuales no tratadas; el agotamiento de los mantos freáticos por su sobreexplotación para usos agrícola, industrial y urbano; y el aumento anual en la crisis del agua debido a los cambios experimentados en sus ciclos, así como de las temporadas de lluvia y sequía, producto de las alteraciones climáticas en todo el mundo. Así, Vargas (2007) considera que la humanidad se encuentra en la fase de límite hidrológico al no existir disponibilidad de agua suficiente para su consumo.

La Comisión Nacional de Fomento a la Vivienda (CONAFOVI) (2005) ha realizado estudios sobre cómo la disponibilidad del agua es amenazada por el cambio climático y presenta escenarios de incertidumbre ante su futura indisponibilidad. Determina que México ha cruzado el umbral de disponibilidad de media a baja, ya que dispone de menos de 5 mil m³ de agua anual para cada habitante, a lo que se suma la distribución desigual del recurso, tanto a nivel regional como temporal.

Por su parte, el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2013) considera que la disponibilidad del líquido disminuirá, a escala nacional, de 4 090 m³ por habitante al año, en 2010, a 3 815, en 2030; en comparación con los 17 mil m³/hab/año en 1950 (Flores, 2009). Aunado a lo anterior, el crecimiento demográfico –expresado en expansión territorial– y la continua concentración de la economía y del poder político en los núcleos urbanos, no sólo favorecerá, sino que incrementará la demanda del agua en una proporción asignada a futuro de entre 70% a 80% a las tierras de producción agrícola, de 20% a la industria y de 6% al consumo doméstico (Perevochtchikova, 2010).

El trabajo de Alvarado (2016) propone un análisis a través de decisión multicriterio, con la ayuda de un Sistema de Información Geográfica (SIG) para priorizar la protección del agua con base en su vulnerabilidad a la contaminación, en Toluca, Estado de México. En contraste, el Gobierno del Estado de México (GEM, 1997) menciona que el agua es vulnerable a la contaminación por la falta de servicios de saneamiento, provocando que las corrientes naturales sean utilizadas como cuerpos receptores de aguas de desecho y drenaje, y que el abastecimiento sea superado por la demanda.

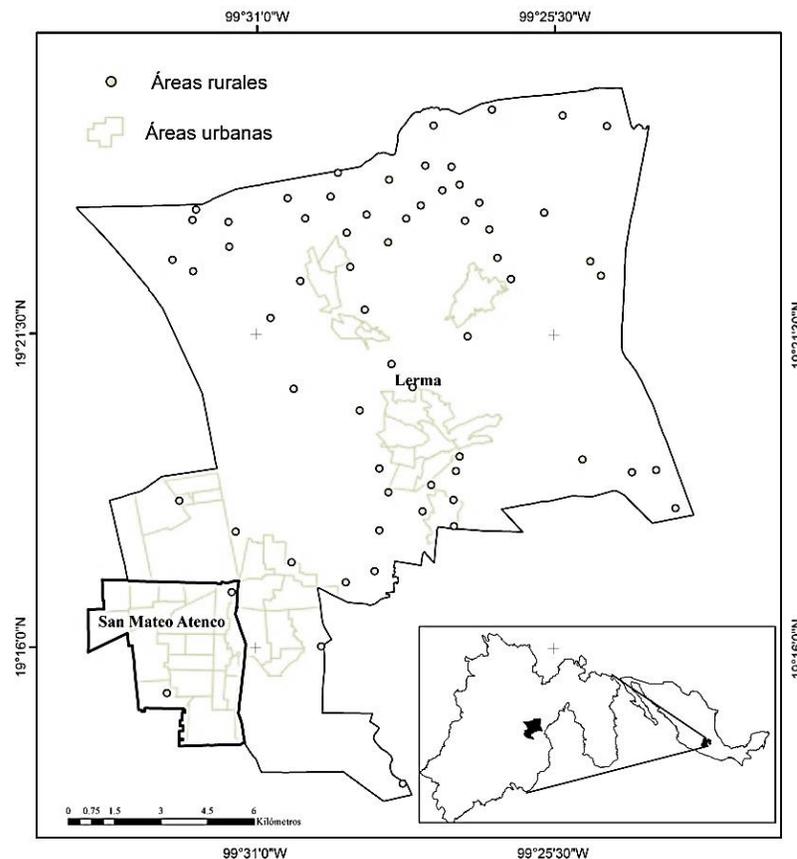
Los estudios citados, aunque hacen mención de la vulnerabilidad, se mantienen en disyunción con la resiliencia, pues esta implica una corriente de pensamiento fundamentada en la ecología, que parte de los estudios de Holling (1973) sobre resiliencia y estabilidad en los sistemas ecológicos. Por tal motivo, resulta pertinente adaptar algunos criterios de la resiliencia ecológica al medio social, a partir de las condiciones de vulnerabilidad ante un proceso dinámico influido por el medio ambiente, elementos externos y el individuo (García-Díaz, 2013).

La vulnerabilidad es una condicionante que permite determinar el grado de resiliencia; de esta manera permite vislumbrar una vulnerabilidad aceptable ante la acelerada disminución de la disponibilidad del agua en las zonas más pobladas y la creciente contaminación de los cuerpos de agua, susceptibles de servir como fuentes de abastecimiento (García, et al., 2008).

Planteamiento del problema

El municipio de San Mateo Atenco se ubica en el Valle de Toluca. Pertenece al Sistema Neovolcánico Transversal y se localiza a una altitud de 2 570 metros sobre el nivel del mar (m s. n. m.) (GEM, 2009). Lerma de Villada forma parte del Valle de Toluca y se localiza a una altura promedio de 2 855 m s. n. m. (GEM, 2010) (ver figura 1).

Figura 1. Ubicación de los municipios de Lerma y San Mateo Atenco



Fuente: elaboración propia con base en INEGI (2010b)

Ambos municipios se encuentran inmersos en una etapa vulnerable a la escasez de agua que afecta la demanda y reduce la disponibilidad para sus habitantes. Pese a que se hallan dentro de la cuenca alta del río Lerma, de acuerdo con Huerta (2000), el suministro de agua per cápita en esta región es de 1 017 m³/hab/año, lo que implica un rango bajo de disponibilidad. Además, las condiciones de escasez de agua imperantes en el alto y medio

Lerma, que son de menos de 900 m³/hab/año, están asociadas con la baja eficiencia en su uso agrícola y público urbano (Alcocer & Merengo, 2010).

La disponibilidad y demanda del agua en esta zona está directamente vinculada con la región Lerma-Santiago-Pacífico (PNUMA, 2006), en donde sólo 30% de las aguas residuales municipales son tratadas; 52% de las aguas superficiales están altamente contaminadas, 39% lo están moderadamente, y únicamente 9% mantiene una calidad aceptable (Millington, *et al.*, 2006).

La continua expansión de estos municipios vuelve imprescindible el requerimiento de bienes y servicios para satisfacer la demanda de sus habitantes; uno de estos, el agua potable, implica la introducción de redes hidráulicas para su suministro y su consiguiente mantenimiento, pues, de acuerdo con Rockström (2014), el agua es una variable de control para el soporte de las áreas urbanas.

Con base en la observación y recorridos de campo realizados en las zonas de estudio, la demanda y disponibilidad del agua potable en Lerma presentan afectaciones debidas al incremento de la población, a la contaminación del Río Lerma, a la pérdida de cubierta vegetal y a la expansión urbana sobre espacios naturales (Ciénegas). Se suman también la escasa gestión por parte de autoridades, la distribución desigual, la concentración del servicio de agua sólo en algunas áreas, las descargas de aguas domésticas e industriales sin previo tratamiento en el lecho del río, la escasa filtración de los acuíferos, así como el crecimiento desordenado, la deforestación y la descarga de aguas negras y grises al interior de las fuentes de abastecimiento. Estos problemas vuelven vulnerables a los municipios y conllevarán fuertes consecuencias sobre su futura disponibilidad de agua.

El suministro también es afectado por la falta de mantenimiento de la infraestructura hidráulica, que no permite disponer del líquido de manera constante y presenta problemas en su distribución. Parte del problema se debe a la antigüedad de las tuberías –entre 30 y 40 años, aproximadamente– y a que el diámetro no posee la capacidad suficiente para dotar del servicio, especialmente en temporadas de estiaje (febrero-mayo), por lo que el agua debe ser distribuida a las comunidades afectadas por medio de pipas; pero, a pesar de que éstas cuentan con comités encargados del suministro y distribución –algunas de ellas llegan a tener hasta cuatro comités–, continúan presentando problemas de disponibilidad.

Otra problemática la representa la profundidad según el Ing, Maiz (2016) para la extracción del agua, que varía entre los 200 y 300 metros, según la demanda, y es debida al descenso de los niveles en los acuíferos. Además, no está permitido excavar más pozos aledaños al río Lerma a causa del riesgo de contaminación que esto implica para los acuíferos.

Respecto de San Mateo Atenco, las problemáticas son similares: contaminación, distribución, indisponibilidad y aumento de la demanda. El municipio cuenta con siete comités independientes que administran el agua, además de la gestión a cargo de las autoridades municipales. La distribución se centra, principalmente, en los fraccionamientos y unidades habitacionales, donde el consumo es mayor, demostrando así que la repartición del recurso sólo beneficia a algunos sectores de la población.

Las frecuentes modificaciones sobre las áreas de cobertura vegetal provocan la reducción de la infiltración y el aumento en la escorrentía, que, a su vez, conllevan a la disminución de la recarga de acuíferos y caudales. Estos problemas se ven incrementados por los procesos de urbanización, industrialización y de equipamientos que condicionan el territorio para hacerlo habitable bajo escasas o nulas normas de planeación y falta de equilibrio espacial, y que no contempla el umbral crítico permisible para no vulnerar las reservas de agua.

A lo anterior, se debe sumar la falta de tratamiento del agua, su deficiente distribución, la baja amplitud en la cobertura del suministro y la falta de mantenimiento de la red hidráulica, así como la aplicación de medidas de gestión en torno al control y manejo. La contaminación del río Lerma y la pérdida de vegetación son elementos que vulneran su disponibilidad, ya que ninguno de estos municipios contempla la próxima creación de plantas de tratamiento.

Dentro de este marco descriptivo, es importante delimitar las zonas de estudio para el presente trabajo de investigación. Por una parte, las cabeceras municipales, por otra, algunas comunidades (Barrio de Guadalupe y San Lucas, en San Mateo Atenco; San Pedro Tultepec y Huitzitzilapan, en Lerma) donde la administración del agua la llevan a cabo los comités locales. La vulnerabilidad de estos municipios por la demanda y disponibilidad del agua tiene otro componente: la falta de flexibilidad de las normas y políticas para preservar el agua potable, pues las que existen actualmente no favorecen la adaptación y la

transformación en ambas demarcaciones, ni ofrecen soluciones a las problemáticas descritas en los párrafos anteriores.

Justificación

El aumento en la demanda de agua potable y su baja disponibilidad plantea el desafío de enfrentar una alta probabilidad de que se presenten déficits del recurso en los municipios de Lerma y San Mateo Atenco, de cara a su adaptación y transformación para convertirse en resilientes.

En el ámbito del urbanismo, existen muy pocos estudios sobre resiliencia urbana en materia del agua. En México, los únicos antecedentes provienen de la psicología. Cabe mencionar que éstos no se enfocan en los elementos negativos que afectan la resiliencia en un individuo, sino que únicamente tratan la resistencia como dimensión de la resiliencia. Este trabajo busca evaluar el concepto de resiliencia en materia de urbanismo y marcar una pauta para futuros estudios sobre el tema.

La resiliencia urbana fomenta la persistencia en los municipios de la demanda y disponibilidad del agua potable mediante la adaptación y transformación, tomando en consideración sus propias condiciones económicas y su vulnerabilidad ante el constante detrimento ambiental y crecimiento demográfico que presentan las zonas urbanas y rurales.

La presente investigación busca determinar el estado de la resiliencia en Lerma y San Mateo Atenco mediante una propuesta metodológica, con el fin de preservar el vital líquido para una sociedad en constante expansión e indiferente al impacto medio ambiental que ella misma genera, ya que el cambio climático es otro factor asociado con la disponibilidad del agua. En los últimos años las sequías e inundaciones se han intensificado, afectando el suministro del agua potable e incrementando la vulnerabilidad de estos municipios. La disponibilidad del agua se verá afectada por el costo de su extracción y por la demanda de los propios municipios debido a sus faltas de capacidad y habilidad en la gestión integral del recurso.

Pregunta de investigación

¿Cuáles son los actores y factores que favorecen la resiliencia urbana ante la demanda y disponibilidad del agua potable en los municipios de Lerma y San Mateo Atenco, Estado de México, entre los años 2010-2017?

Hipótesis

Los actores –comités locales, gobiernos municipales y factores socio-ambientales– fomentan la resiliencia urbana al satisfacer la demanda y disponibilidad del agua potable en Lerma y San Mateo Atenco, Estado de México.

Objetivos

Objetivo general

Evaluar los actores y factores que determina la resiliencia urbana en torno de la demanda y disponibilidad del agua potable mediante la adaptación y transformación en los municipios de Lerma y San Mateo Atenco, Estado de México.

Objetivos específicos

1. Definir el marco teórico-conceptual sobre resiliencia y resiliencia urbana.
2. Diseñar la metodología de la resiliencia urbana a través de la adaptación y transformación desde la demanda y disponibilidad del agua potable.
3. Analizar las normatividades operativas aplicadas en el manejo del agua potable.
4. Diagnosticar la demanda y disponibilidad del agua potable en los municipios de Lerma y San Mateo Atenco desde la adaptación y transformación
5. Determinar el índice de resiliencia de la población a partir de la medición de la escasez del agua potable.
6. Analizar los factores y capacidad de los actores que determinan la resiliencia urbana desde la adaptación y transformación en Lerma y San Mateo Atenco.

Metodología general de la investigación

Esta investigación toma como punto de partida el enfoque de la resiliencia socio-ecológica (Folke, et al., 2010). Para su evaluación, fue aplicado el método hipotético-deductivo. Los resultados obtenidos están orientados a explicar cuáles son las causas de los eventos físicos o sociales, poniendo énfasis en la naturaleza de dichos fenómenos y en las condiciones en que estos tienen lugar, así como en las razones por las que dos o más variables se relacionan entre sí (Hérrnandez, et al., 1998). Este método parte de dos premisas: una general y otra particular, de las que se desprende una conclusión que explica la realidad del caso de estudio.

La investigación tiene un enfoque mixto, pues explora los aspectos cualitativos y cuantitativos con el fin de comprender y fortalecer la explicación de la problemática. Los cualitativos subrayan las acciones de observación inductiva, y los cuantitativos utilizan datos estadísticos para explicar el caso de estudio. En los siguientes párrafos se describen los capítulos contemplados en la tesis.

En el capítulo 1 se busca establecer una definición de resiliencia y resiliencia urbana, tomando como base y sustento teórico material documental de autores e instituciones especializadas en el tema. Entre las fuentes bibliográficas se encuentran libros, tesis, artículos en revistas y de sitios web. Se recurrió, además, a la consulta de materiales relativos al tema del agua para fundamentar el caso de estudio

En el apartado 2 se presenta la elaboración de la metodología, para lo que se recurre a fuentes documentales de autores y publicaciones institucionales, tanto a nivel nacional como internacional, con la finalidad de identificar cuáles son las variables y categorías de análisis y evaluación de la resiliencia urbana con base en la demanda y disponibilidad del agua potable en los municipios de Lerma y San Mateo Atenco.

El capítulo 3 describe las bases normativas del agua. En él se muestra una investigación de gabinete a nivel nacional e internacional, y se recurre a fuentes documentales relacionadas con los métodos y sistemas de control del agua. Entre dicha documentación destacan el *Diario Oficial de la Federación* (México), las gacetas oficiales del Gobierno del Estado de México, el *Ordenamiento Ecológico*, la Ley de Aguas, diversos planes hidrológicos y la Agenda del Agua 2030. La finalidad es identificar las medidas

contempladas que orientan la resiliencia urbana y analizar las condiciones de flexibilidad en materia de políticas y estrategias con las que cuentan la población, las instituciones gubernamentales y las empresas de interés particular con respecto de este tema.

El diagnóstico de la demanda y disponibilidad del agua potable en los municipios señalados ocupa el capítulo 4, y son descritas mediante el acopio de datos cualitativos y cuantitativos. Las técnicas empleadas para ello son: 1) observación no participativa, 2) trabajo de campo, 3) fuentes documentales y 4) fotografías. El diagnóstico se ve complementado con datos cuantitativos obtenidos de censos y conteos de población del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Información (INEGI), del Consejo Estatal de Información (COESPO), de la Comisión Nacional del Agua (CNA), de Área Geoestadística Básica (AGEB), del Programa de Ordenamiento Ecológico del Estado de México, de estadísticas de precipitación (DAYMET) y cartografía temática, la cual sirvió para ubicar espacialmente el área de estudio. Para evaluar el umbral entre estrés y escasez del agua potable se utilizaron los indicadores nacionales de la CNA, ubicando, así, el nivel de presión en el que se encuentra el recurso.

El capítulo 5 presenta el índice de resiliencia de la población en torno de la escasez del agua potable. Este permite reconocer cuáles son las zonas más vulnerables y las distintas condiciones de resiliencia entre las zonas urbanas y rurales. Para esto, se obtuvo información proveniente de censos y conteos de población, índices de desarrollo humano y de marginación, cartografía de precipitación, acuíferos y temperatura.

El índice contempla 24 variables de 47 unidades de análisis por Área Geoestadística de Información Básica (AGEB) y 63 zonas rurales. Para su obtención se realizó el análisis factorial y la separación de indicadores para la transformación y adaptación. Se complementa con una entrevista a los actores clave en el manejo y suministro del agua: comités locales y el Organismo Público Descentralizado para la Prestación de los Servicios de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento (OPDAPAS); para su aplicación se recurrió a la técnica “bola de nieve”, que funciona cuando el rasgo distintivo de estudio sobre la población tiende a agrupar a los individuos, favoreciendo su contacto social. Se trata de una técnica de muestreo no probabilística, en la que los individuos seleccionados para ser estudiados reclutan a nuevos participantes entre sus conocidos, y es un proceso económico

y sencillo que requiere poca planificación y escasos recursos humanos; los propios sujetos entrevistados funcionan como la mano de obra (Ochoa, 2015).

En el capítulo 6 se analizan los factores que determinan la resiliencia urbana en torno de la demanda y disponibilidad del agua potable en Lerma y San Mateo Atenco, para lo que se toman como base la parte teórica, el diagnóstico y el índice de resiliencia, con la finalidad de contrastar los resultados obtenidos de los casos de estudio. Se da respuesta a la pregunta de investigación inicial, y la hipótesis planteada por este trabajo será confirmada o refutada.

Capítulo 1. Resiliencia y resiliencia urbana

En el presente capítulo será expuesta la base teórica sobre la resiliencia, por lo que se hará un análisis teórico de su contexto, serán descritos sus características y elementos, y se realizará un registro de las formas en que este concepto ha sido implementado por diversas disciplinas, así como de los autores más importantes respecto del tema.

En seguida se procederá a analizar la cuestión de la resiliencia adaptada al urbanismo, para lo que serán identificadas las categorías y variables de evaluación de la resiliencia urbana en relación con la demanda y disponibilidad del agua potable.

1.1.Contexto histórico de la resiliencia

La resiliencia está asociada con la vulnerabilidad y llegó, incluso, a ser desarrollada por Engels, en 1845, cuando se refirió a la vulnerabilidad de la clase obrera. Fue propuesta de manera explícita como forma o medio de respuesta ante los desastres y se maneja en la escuela ecologista desde mediados del siglo XX. La vulnerabilidad se asocia con la carencia de desarrollo, por ejemplo, de determinados asentamientos humanos debido a la falta de resiliencia de los factores expuestos ante amenazas de diversa índole y la degradación ambiental (Cardona, 2005).

La vulnerabilidad de la población se presenta cuando no existe la capacidad de absorber el impacto de un estresor. Los estresores modifican las condiciones de vida y se asocian a la dinámica social. Pueden presentarse como desequilibrios ambientales, sociales, económicos y políticos durante los procesos de desarrollo y derivar en vulnerabilidad por falta de resiliencia. Ejemplo de esto lo representa la capacidad de respuesta que posee una sociedad ante un desastre socio-natural.

Gallopín (2006) considera que la resiliencia es un elemento de la vulnerabilidad y que, conjuntamente, permiten evaluar la problemática como consecuencia de debilidad social y medio ambiental. Por eso, la vulnerabilidad es definida como el estado de susceptibilidad al daño causado por la exposición al estrés asociado con cambios ambientales, sociales y con la ausencia de capacidad de adaptación (Adger, 2006).

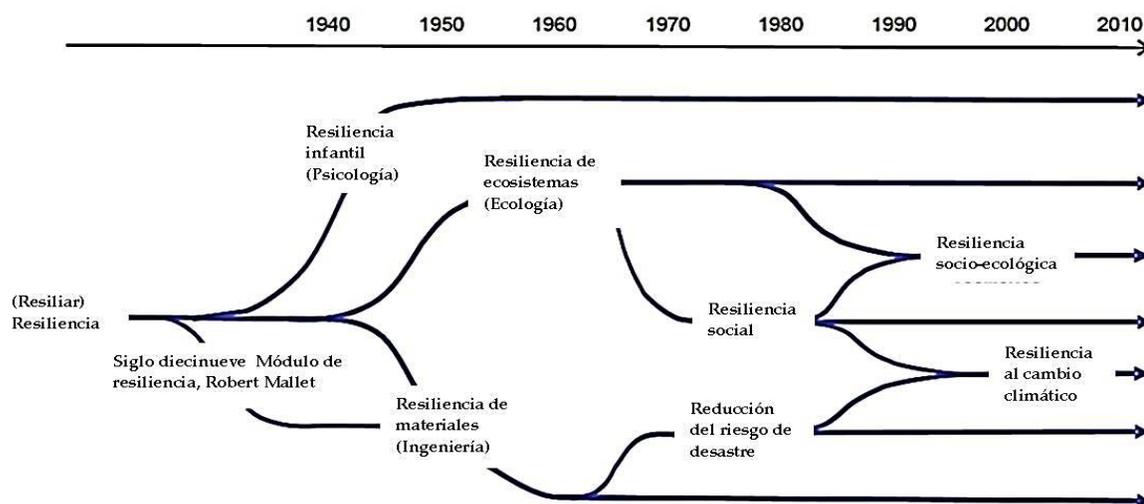
Este concepto resalta la capacidad de adaptación y la estrecha relación que existe entre medio ambiente y sociedad, así como la incidencia entre vulnerabilidad y resiliencia, que son elementos que se condicionan y están mediados por la fragilidad y la relación de persistencia de los afectados por una crisis.

La vulnerabilidad también es un factor que determina distintas condiciones de fragilidad y, según Lavell & Openheimer (2012), ha sido contrastada y complementada con la noción de la falta de capacidad o resiliencia, donde la capacidad se refiere a las fortalezas, atributos y recursos disponibles, tanto individual como colectiva o comunitariamente.

La vulnerabilidad brinda un amplio panorama del estado y de las condiciones económicas, ambientales, políticas o culturales de una sociedad, y permite diseñar y establecer las medidas de respuesta para alcanzar la resiliencia frente a posibles eventos críticos. Miller (2010) propone una serie de aspectos teóricos enfocados en la adaptación y la transformación, sin embargo, la vulnerabilidad es algo imposible de reducir en su totalidad, ya que existen múltiples elementos que condicionan el desarrollo de la población y, por lo tanto, también determinan su capacidad de ser resiliente.

La noción de resiliencia ha sido adoptada por diversas escuelas de pensamiento (ver figura 2) que la conceptualizan de acuerdo con sus propios requerimientos o necesidades. Esta integración se ha dado con el objetivo de dar respuesta a un problema específico, y dada la dinámica de las escuelas, este concepto delimita el contexto de cada cuestión a resolver.

Figura 2. Trayectoria de la resiliencia en escuelas de pensamientos



Fuente: Béné et. al., (2014)

Las escuelas de pensamiento de cada disciplina han planteado nuevas formas de estudiar y de analizar las dinámicas socio-ambientales, así como las relaciones entre sistemas que resultan viables para la transformación o adaptación ante una crisis. Cada una busca fomentar las habilidades que permitan ajustar nuevas condiciones de estabilidad en los

mayores para superar las adversidades. Hace cuarenta años que este concepto ha sido adaptado y aplicado por la psicología (Moreschi, 2016).

En el campo de la ecología Holling (1973) es el principal exponente sobre resiliencia, ya que su trabajo se ha centrado en las capacidades y habilidades que poseen los seres afectados por una crisis para recuperarse y adaptarse al cambio a través de etapas, regímenes o umbrales. Destaca la pertinencia de estudiar a los sistemas conformados por elementos afectados, pues considera que ninguno está aislado del resto.

Respecto de la adaptación, es importante evitar la disyunción entre resiliencia y vulnerabilidad, pues aunque para su estudio cada una requiere de distintas formas de aproximación y tratamiento, son complementarias entre sí para determinar el nivel del umbral permisible para el bienestar urbano. El umbral se define como “la sensación en el punto en que se produce el salto de la cantidad del estímulo a la cualidad de la reacción: por debajo del umbral, aún no hay sensación, si el estímulo es demasiado débil” (Poltzer, 2014: 244).

1.2.Consideraciones teóricas de la resiliencia

La resiliencia se relaciona con la planeación (Davoudi, et al., 2012), la sustentabilidad (Milman & Short, 2008), con sistemas complejos (Berkes, et al., 2008), con la entropía (Di Nardo & Greco, 2010) y hay quienes la han denominado la nueva austeridad (Shaw, 2012) o la teoría del colapso (Timmerman, 1981); además, es una propiedad emergente del sistema que dificulta su medición y pronóstico (Longstaff, et al., 2010).

McAslan (2011) considera que resiliencia es un concepto ambiguo y contradictorio, objeto de críticas debido a las dificultades que representan sus propias formas para ser medido, gracias a la falta de un consenso en la aplicación y evaluación por parte de las diversas áreas que la trabajan. También influyen las dinámicas del objeto de estudio, que son provocadas por factores, tanto internos como externos, que afectan las relaciones de un sistema con otros, sea su naturaleza social o medio ambiental, haciendo complejas sus interacciones con el entorno.

Metzger & Robert (2013) consideran que la resiliencia tiene como sustento conceptual clave, precisamente, esa complejidad de los sistemas. La complejidad se caracteriza por el cuestionamiento de las relaciones de causa-efecto y la no linealidad de los fenómenos. Desde esta perspectiva, al significar capacidad de adaptación, la resiliencia constituye una forma de gestión de los sistemas complejos ante cualquier tipo de riesgo, choque o perturbación¹; además de ineludible, es absolutamente necesaria, pues permite la evolución del sistema, lo fortalece y evita su colapso o bifurcación.

La resiliencia suele ser confundida con la resistencia, como menciona Longstaff (2010), pues la resistencia es un intento por detener el evento sin recibir ningún daño. La resiliencia es inherente a la vulnerabilidad, por lo tanto, va más allá de evitar el problema. Es un proceso que permite aumentar las capacidades de adaptación una vez que el suceso ya se ha empezado a manifestar; mientras que la resistencia forma parte de la resiliencia como una dimensión que favorece la estabilización de los afectados y permite el rebote hacia adelante².

La resiliencia ha sido utilizada para realizar diversas interpretaciones y su particularidad se encuentra en su enfoque multidisciplinar, que busca definir su objeto de estudio destacando la pertinencia de hacer frente y dar respuesta a problemas sociales, políticos, ambientales, económicos, culturales, de salud o de la ciudad. También es utilizada como umbral que permite situar los límites que favorecen la estabilidad en la dinámica del paisaje (Dahlman, 2011).

Holling (2001) asocia la resiliencia con la sustentabilidad como parte del ciclo de adaptación, y la define como la capacidad de crear, probar y adaptarse. El desarrollo implica generar y mantener abierto un abanico de posibilidades; así, la conjunción entre desarrollo y sustentabilidad reproduce las oportunidades de cambio y mantiene una estrecha relación con la resiliencia, cuya finalidad es la generación de oportunidades para la adaptación ambiental y social.

¹ La perturbación se produce como un impulso gradual y acumulativo; es la variabilidad natural de un sistema socio-ecológico (Gunderson, et al., 2010).

² El rebote hacia delante es un continuo proceso de desarrollo que afianza la resiliencia.

1.2.1. La resiliencia como concepto

A este apartado corresponden algunas definiciones de resiliencia utilizadas en los ámbitos de las ciencias sociales y de la ecología. Las consultas realizadas a las fuentes bibliográficas no arrojaron un concepto único o consensuado que permita definir la resiliencia; las disciplinas que lo trabajan solamente lo adaptan de acuerdo con las circunstancias, problemáticas a resolver o coyunturas de estudio a evaluar.

Para las ciencias sociales, la resiliencia se concibe como: “La capacidad de un sistema, comunidad o sociedad potencialmente expuesta a peligros, de adaptarse resistiendo o cambiando para alcanzar y mantener un nivel aceptable de funcionamiento y estructura” (PNUMA, 2007: 523).

En esta definición, extraída del *Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente* (PNUMA, 2007), resalta la noción de resistencia³ por parte de la estructura que sufre los cambios, y es manejada como la capacidad de afrontar el problema. Es importante considerar que los cambios en la estructura del sistema tienen lugar en periodos de tiempo a corto, mediano o largo plazo, y esto depende de la magnitud e intensidad del estrés que habrá de afrontar.

Para Adger, la resiliencia social es: “La capacidad de los grupos o comunidades para hacer frente a las tensiones y perturbaciones externas, como consecuencia de los cambios sociales, políticos y ambientales” (2000: 347). Este autor presenta una relación de elementos sociales, ambientales y políticos que influyen para lograr la resiliencia, permitiendo afrontar las tensiones internas o externas que modifican la estabilidad de la población.

Por otro lado, en el ámbito de la ecología, Holling (1973) conceptualiza la resiliencia como: “Una medida de la persistencia de los sistemas y de su capacidad para absorber el cambio y la perturbación y todavía mantener las mismas relaciones entre las poblaciones o variables de estado” (1973: 14). El autor proporciona una correspondencia entre variables relacionadas con los sistemas e identifica los cambios que modifican la estructura de los mismos; así, el proceso de adaptación se da como respuesta a la

³ “La capacidad de un sistema de resistir los impactos de las fuerzas sin alterar su estado actual”. (PNUMA, 2007: 523)

perturbación, donde esta representa la vulnerabilidad⁴ del sistema ante los cambios ejercidos por factores externos o internos.

Estos tres conceptos de resiliencia son dinámicos y presentan una similitud: el manejo de la capacidad de los sistemas socio-ambientales para adaptarse a los cambios que sufren sus estructuras, y que deriva en la dificultad de lograr la estabilidad por causa de la creciente demanda y la disminución en la disponibilidad de los recursos naturales.

Otro punto de vista sobre la resiliencia establece que: “El grado de elasticidad en un sistema, su capacidad para recuperarse después de experimentar un estrés o choque está indicado por el grado de flexibilidad y persistencia de funciones particulares” (Pelling, 2011). El autor destaca la noción de sistema, por lo que la resiliencia debe ir acompañada de un conjunto de funciones que le permitan al mismo mantenerse y, a la vez, interrelacionarse para persistir mediante la flexibilidad de su estructura, por lo que la resiliencia debe presentar propiedades capaces de establecer un nivel de bienestar aceptable.

1.2.2. Propiedades de la resiliencia

La Food Security Information Network (FSIN, 2014) menciona que la resiliencia representa un conjunto de capacidades definidas en términos de niveles aceptables de bienestar. Esto permite reducir los elementos negativos detonantes de estresores y aumentar la capacidad de adaptación a los cambios, no sólo regresando a un estado previo al evento, sino dando un salto hacia adelante, en permanente desarrollo.

Holling (1973) considera dos propiedades de la resiliencia ecológica que se enfocan en la evolución y el equilibrio. La primera es la persistencia, que en las páginas subsecuentes de este trabajo será denominada como adaptación; y la segunda es la habilidad de los sistemas para absorber los cambios, y que para efectos de la presente investigación, los cambios será denominado como transformación.

⁴ Ha emergido como un concepto central para entender las condiciones o la predisposición de un sistema a sufrir daños gracias al peligro (Van der Veen, y otros, 2009). Es resultado de procesos históricos, sociales, económicos, políticos, culturales, institucionales, de recursos naturales y de condiciones ambientales (IPCC, 2012).

I. Adaptación (persistencia y flexibilidad)

La capacidad de adaptación remite a las habilidades y a la flexibilidad de una comunidad o sistema para persistir ante los cambios que gestados a corto, mediano o largo plazo. Estos cambios dependen, en gran medida, de la magnitud de vulnerabilidad que presentan los aspectos ambiental, social, económico, político o cultural de la misma comunidad o sistema. Así, la adaptación es definida como la: “Capacidad de los sistemas, los hogares, las personas, las comunidades, los ecosistemas, las naciones para generar nuevas formas de operar, nuevos sistemas de relaciones y afrontar con eficacia los choques” (Breen & Anderies, 2011).

La capacidad de adaptación es esencial para la resiliencia porque permite que el sistema afectado se amolde a las condiciones cambiantes del entorno, y favorece su integración con un nuevo contexto, flexible y estable interna y externamente con él.

II. Transformación (habilidad de respuesta)

La capacidad de transformación en la resiliencia se presenta como respuesta ante los cambios experimentados por un sistema y tiene como finalidad la recuperación y reconstrucción del contenido estructural afectado, así como de su estabilidad y equilibrio en busca de avanzar hacia adelante en un continuo desarrollo. Esto favorece la incorporación de nuevas funciones que permiten a los afectados adaptarse a las nuevas condiciones del entorno: “La transformación es la capacidad de un sistema para reorganizar un nuevo sistema cuando ya no puede hacer frente en su forma actual y se producen cambios durante largos periodos de tiempo para mantener un sistema en su actual estabilidad de dominio y equilibrio” (Breen & Anderies, 2011).

A través de estas propiedades, la resiliencia permite identificar: 1) la vulnerabilidad del sistema afectado, 2) las condiciones de su desarrollo, 3) la dinámica de las relaciones internas y externas que lo afectan y 4) mantener la persistencia del sistema mediante habilidades de respuesta para absorber el impacto en beneficio de la recuperación del sistema.

Además de sus propiedades, la resiliencia también incorpora algunas otras características y elementos de gran importancia, y que serán expuestos a continuación.

1.2.3. Características de la resiliencia

Las características de la resiliencia mantienen similitudes con los elementos que determinan la vulnerabilidad, pero están dirigidas hacia la respuesta y recuperación durante y después de un fenómeno estresante que afecta la estructura del sistema. Estas son las siguientes:

I. Exposición a las perturbaciones. Refiere al grado, duración y alcance que el sistema mantiene en contacto con las perturbaciones.

II. Sensibilidad a la perturbación. Se trata de la magnitud del impacto que un ser humano o sistema natural es capaz de absorber sin sufrir daños u otro cambio significativo a largo plazo (Adger, 2006, citado en Gallopín, 2006: 295-296).

III. Capacidad de adaptación. Originalmente definida desde la biología; significa la habilidad de adaptación a los cambios eventuales en el ambiente (Smit & Wandel, 2006, citado en Gallopín, 2006: 300). También se refiere a la habilidad de diseñar e implementar eficazmente estrategias de adaptación o reacción ante el desarrollo del peligro y estrés, así como de reducir la magnitud del daño resultante de éstos (AMCOW, 2012: 50).

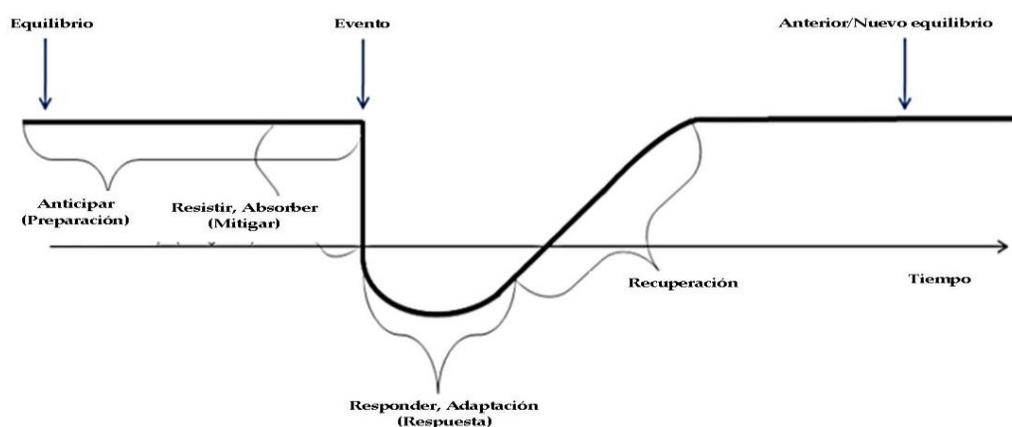
Estas características son comprendidas a partir de los desastres socio-naturales, pero también es posible utilizarlas para explicar problemáticas urbanas, pues la exposición a estas afecta directamente la sensibilidad de un área urbana o rural, por lo que se vuelve manifiesta la necesidad de responder a la posible escasez de recursos que les permita adaptarse y transformarse durante y después de la crisis.

1.2.4. Componentes de la resiliencia

Para describir los componentes de la resiliencia, es necesario recurrir a Carlson (2012), que explica la transición del antes y después de un evento socio-natural con referencia a las etapas de gestión del riesgo.

Para ubicar el contexto en que se presenta la vulnerabilidad y el momento en que la resiliencia se vuelve necesaria, la figura 3 muestra dicha transición en busca del rebote que no necesariamente habrá de remitir al sistema a un estado previo al evento, sino posterior a él y que favorezca la estabilización de los afectados.

Figura 3. Componentes de la resiliencia ante un evento adverso



Fuente: Carlson (2012: 18)

El autor ubica el momento en que se desarrolla el evento adverso del siguiente modo: la línea de equilibrio representa los diferentes niveles de actividad a desarrollar en busca del bienestar social, pero cuando el evento afecta las acciones, la línea declina, lo que hace necesario responder ante el problema para recuperar la estabilidad después del evento de acuerdo con las condiciones de la población y con el tiempo necesario para su recuperación. La tabla 2 describe con mayor detalle las etapas de respuesta⁵.

⁵ Estado colectivo del sistema. Evalúa la resistencia al cambio. Las fluctuaciones alrededor de la estabilidad acompañan de manera inevitable a los sistemas complejos, evidenciando que es dinámicamente activo y la fuente de nuevas formas de comportamiento y desarrollo (Thelen & Smith, 2006).

Tabla 2. Medidas para mejorar la resiliencia

Anticipar/Preparación	Resistir/Absorber/Mitigar	Adaptación/Respuesta	Recuperación
Actividades realizadas por una entidad para definir el entorno de riesgo al que está sujeta.	Actividades realizadas antes de un evento para reducir las consecuencias del peligro.	Tareas, programas y sistemas de actividades inmediatas o en curso que se desarrollan para gestionar los efectos adversos generados por el evento.	Actividades y programas diseñados para retomar las condiciones de manera efectiva y eficiente, en un nivel aceptable para la entidad afectada.

Fuente: Carlson (2012)

Este proceso de respuesta le permite a la población hacer frente a las perturbaciones a través de diversas etapas mediante la gestión. Cabe añadir que el autor sólo hace mención sobre amortiguar el impacto para reducir los daños, de modo que esto favorezca el aumento de la seguridad y capacidad de respuesta en cada etapa.

Durante el proceso de respuesta y recuperación se presenta el momento en que la vulnerabilidad afecta a la población de un municipio, estado, región o país; es cuando la resiliencia se presenta para facilitar la adaptación y transformación en un nuevo contexto. Desde un enfoque social, la resiliencia presenta los siguientes componentes que le permiten al sistema afectado no sólo regresar a un estado de normalidad previo al evento, sino rebotar hacia adelante para amortiguar posibles crisis futuras.

I. Diversidad. Mientras exista mayor diversidad, habrá un aumento en la capacidad de supervivencia y recuperación de las perturbaciones y tensiones externas. La diversidad de sistemas reduce el potencial impacto negativo sobre un sistema en su conjunto. Por ejemplo: la diversidad de los diferentes tipos de empresas, las instituciones, las fuentes de alimentos e industrias, etc.

II. Redundancia. Un aumento de la redundancia de los principales sistemas de infraestructura, incluyendo la energía eléctrica, el suministro de combustibles, la distribución de alimentos y el procesamiento y suministro de agua potable.

III. Sensibilidad. Es la capacidad de un sistema para detectar y responder a cambios en sus elementos constituyentes. Cuanto más rápidamente es capaz de detectar y responder a estos cambios, mayor será su potencial para hacerles frente con eficacia y, por lo tanto, de recuperación.

IV. Capacidad de adaptación. Se refiere a los sistemas e infraestructura que están diseñados para adaptarse rápidamente a las condiciones cambiantes; incluye, además, una serie de requisitos que aumentarán su capacidad global de recuperación.

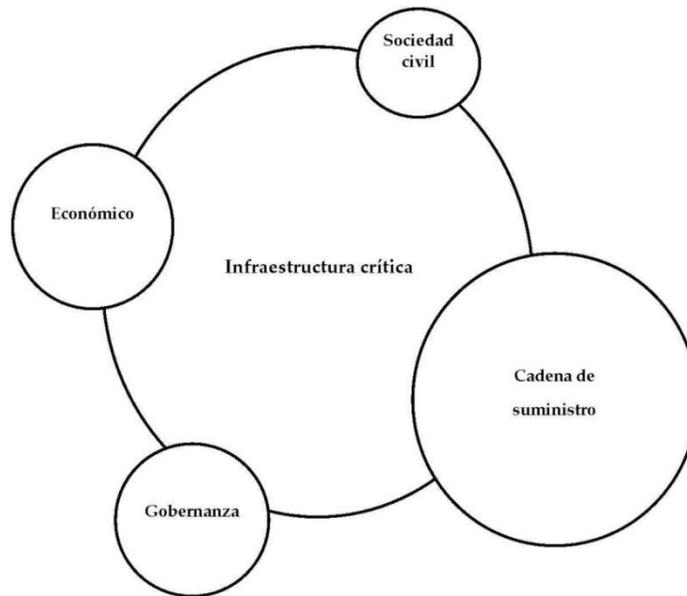
V. Modularidad. Trata sobre la independencia de los componentes del sistema; ante el daño o fracaso que una de sus partes o componentes pueda presentar, las otras se mantienen con una baja probabilidad de ser inducidas a experimentar daño o fracaso.

VI. Capacidad de respuesta ambiental e integración. Implica no solamente la reducción del costo de creación y mantenimiento de la infraestructura técnica, sino que también reduce la probabilidad relativa de que esta sufra los impactos negativos resultantes de los crecientes problemas ambientales y de estrés relacionados con el cambio climático (RN, 2015).

Resilience Now (2015), Organización No Gubernamental (ONG) francesa conformada por un equipo profesional multicultural e interdisciplinar, considera los seis componentes como aspectos que aumentan la capacidad de adaptación y son apreciables durante la transición hacia el cambio. Asimismo, Gunderson (2006) considera que una sociedad flexible y abierta al cambio, en la que todos sus actores estén implicados e influyan en la creación de políticas enfocadas en los procesos de transformación –desde la propia población y las agencias gubernamentales, hasta las asociaciones e intereses privados–, es un componente fundamental para su propio desarrollo.

Acerca la transformación, el mismo autor amplía sobre aspectos críticos al interior de la sociedad, sin embargo, para ello sólo considera sistemas no aislados y dinámicos, ya que son causa y efecto de lo que sucede en el entorno. Es decir, de la estrecha relación entre la sociedad y el medio ambiente depende, en gran medida, la disponibilidad de los recursos naturales provistos para lograr satisfacer su demanda. Esto es lo que Carlson (2012) llama los espacios de análisis de la resiliencia, representados en la figura 4.

Figura 4. Evaluación de la resiliencia comunitaria



Fuente: Carlson (2012)

La figura 4 explica la relación entre los puntos sobresalientes dentro del sistema social. Al modificarse un punto, toda la estructura del sistema cambia. El tamaño de las burbujas representa las categorías que lo integran, de acuerdo con la importancia de la infraestructura crítica y las herramientas para evaluar que posee cada una de ellas (Thelen & Smith, 2006). Sin embargo, atendiendo a las perspectivas de la ingeniería y la ecología, el comportamiento de la resiliencia se da de forma distinta; mientras la ingeniería busca el rebote hacia atrás y regresar al punto de equilibrio previo al evento, la ecología busca el rebote hacia adelante para situarse en un nuevo régimen o umbral. Esto se describe con la figura 5.

Figura 5. Comparación de la resiliencia en la ecología y la ingeniería



Fuente: Liao (2012)

La resiliencia ecológica presenta un régimen distinto y puede atravesar el umbral para estabilizarse en otro tipo de régimen. Esto indica la flexibilidad para adaptarse y el paso desde y hacia múltiples estabilidades, por medio de un continuo rebote hacia adelante y sin retornar al estado previo, como sí ocurre en el proceso de resiliencia trabajado por la ingeniería. Bajo estas condiciones teóricas, se traslada a la parte social con una orientación socio-ecológica.

El enfoque de la Social-ecological resilience, presentado por Folke (2010), parte de aspectos que se interrelacionan a través de múltiples escalas. En este contexto, la resiliencia es la capacidad que posee un *social-ecological system* (SES) de cambiar continuamente y adaptarse, permaneciendo, sin embargo, dentro de los umbrales críticos.

Las evidencias teóricas de la resiliencia han provocado que su orientación no solamente se limite al aspecto ecológico, sino que se traslade hacia otros rubros que se beneficien de la adaptación y transformación con el entorno. Entre ellos, destacan los de las ciencias sociales, el urbanismo, y aquellos que se ocupan del cambio climático y que serán ampliados a continuación.

1.3. Enfoques de la resiliencia

El término resiliencia es utilizado por una amplia variedad de disciplinas para la realización de estudios cuyo objetivo es el de aumentar las capacidades de respuesta, adaptación y transformación, ya sea de manera individual o colectiva, física o urbana; así como las metodologías puestas en práctica por ellas. La tabla 3 muestra las características de cada una en relación con su propia conceptualización de la resiliencia.

Tabla 3. Enfoques de la resiliencia

Enfoque	Características	Fuente
Ciudades resilientes	Marco institucional y administrativo Financiamiento y recursos Evaluación de riesgos multi-amenaza Protección y resiliencia de la infraestructura Protección de instalaciones: educación y salud Reglamento de planificación territorial Capacitación pública Protección del ambiente y fortalecimiento de ecosistemas Preparación, alerta temprana y respuesta eficaz Recuperación y reconstrucción de comunidades	(UNISDR, 2012)
Ecosistema	Amortiguar los disturbios Reducir los impactos Auto-organizarse Mantener las funciones del sistema Aprendizaje Adaptación	(Abel & Stepp, 2003, citado en Kirmayer <i>et al.</i> , 2009)
Desastres	Capacidad de absorber la tensión Capacidad de manejo del desastre Mantener la seguridad durante el desastre Capacidad de recuperación después del evento	(Twigg, 2007)
Construcción e ingeniería	Habilidad de un metal Estructura Estado original Peso y presión	(Niekerk, 2011)
Ingeniería	Firmeza Retorno en el tiempo Sistema Perturbación	(Pisano, 2012)
Física e ingeniería civil	Capacidad de un material Recobrar forma original Someterse a una presión deformadora	(Becoña, 2006)
Ecología	Medida de persistencia Sistemas Habilidad de absorber cambios y disturbios Relación entre poblaciones	(Holling, 1973)

Ecología: Cuencas.	Resiliencia: latitud, resistencia, precariedad, alteraciones Adaptación: actores Transformación: estabilidad en el paisaje	(Walker, 2005)
Ecología	Adaptación Transformación Acción colectiva Capacidad Sistema ecológico-social, económico, político Crear un sistema sustentable Umbral o transición crítica	(Walker, et al., 2004)
Economía	Habilidad económica Resistencia Vulnerabilidad inherente Resultado de políticas Ingresos	(Van der Veen, et al., 2009)
Ciencias Sociales	Comunidades Grupos Perturbaciones externas Habilidades de respuesta	(Adger, 2006, citado en Gaillard, 2010)
Psicología	Capacidad de recuperarse Mantener una conducta Adaptación Evento estresante	Garmezy, 1991; citado en Becoña, 2006)

Fuente: elaboración propia con base en los autores citados

Todos los enfoques de la resiliencia mostrados anteriormente comparten similitudes en sus características cuando se trata de afrontar una situación de crisis; requieren de una estructura funcional de adaptación, mantener el desarrollo, restablecer condiciones normales, regresar a un estado original, superar una crisis, aprender y retroalimentarse. Sin embargo, a pesar de las múltiples explicaciones que se han dado sobre ella, la resiliencia presenta complicaciones respecto de su aplicación. La siguiente es una lista en la que resaltan las mayores problemáticas provocadas por el término para cada uno de los enfoques disciplinares.

- Resistencia
- Estabilidad
- Sistema
- Capacidad
- Cambios
- Vulnerabilidad
- Habilidad
- Propiedad
- Umbral

Es preciso señalar que ninguno de los trabajos mencionados en la tabla 3 hace uso de la palabra “resiliente”, y el diccionario de la Real Academia Española tampoco tiene registro de ella; sin embargo, sí contiene la palabra “resiliencia”:

del ingl. *resilience*, y este del lat. *resiliens*, -entis, part. pres. act. de *resilire* 'saltar hacia atrás, rebotar', 'replegarse'. 1. Capacidad de adaptación de un ser vivo frente a un agente perturbador o un estado o situación adversos. 2. Capacidad de un material, mecanismo o sistema para recuperar su estado inicial cuando ha cesado la perturbación a la que había estado sometido (DRAE, 2016).

El término ha sido insertado dentro del discurso político de las instituciones gubernamentales para promover la seguridad de áreas urbanas y rurales ante los efectos del calentamiento global, específicamente en torno de la disponibilidad y abastecimiento de los recursos naturales. Este enfoque de la resiliencia será trabajado a profundidad en páginas posteriores.

1.4.La resiliencia urbana

La conceptualización de resiliencia urbana que se manejará en este trabajo a partir de este punto, encuentra soporte en la premisa teórica de la Social-ecological resilience, orientada hacia las acciones dinámicas y la búsqueda de estabilidad por medio de la interrelación de múltiples escalas que favorecen un proceso continuo de adaptación y transformación, y de permanencia dentro de los umbrales críticos (Folke, et al., 2010).

Existen tres escuelas de pensamiento para las que la resiliencia urbana resulta ser el eje central del debate: la de Béné et. al., (2014), que ha demostrado ser la de mayor predominio e influencia dentro de la narrativa sobre el tema; la comunidad de la Reducción del Riesgo por Desastres (Disaster Risk Reduction, RRD), inicialmente ligada a la comprensión de la resiliencia en la ingeniería, a la capacidad de recuperación ecológica y de adaptación social; orientada hacia la seguridad alimentaria, la planeación y organización territorial y las políticas gubernamentales con el fin de incrementar la resiliencia urbana.

Al respecto de esta, en lo referente a la reducción de desastres, su labor consiste, primordialmente, en brindar respuestas ante crisis provocadas por fenómenos socio-naturales por medio de la gestión del riesgo planteada por Carlson (2012), a la que también

se encuentra asociada para contrarrestar los efectos provocados por el cambio climático en cuanto a la problemática de la escasez de agua. El aspecto de la recuperación ecológica es ampliamente abordado por Holling (2001), en tanto que la interacción de procesos dentro de los sistemas fomenta su capacidad de adaptación y transformación para mantener o crear nuevas funciones que les permitan persistir.

Respecto de la adaptación social, han sido creadas diversas medidas para la gestión del riesgo con el fin de reducir la vulnerabilidad de la población, así como la generación de políticas estructurales y no estructurales orientadas a mejorar su bienestar. Aunado a los propósitos anteriores, la resiliencia urbana es utilizada en tres aspectos: 1) Como objetivo para lograr la resiliencia de las ciudades, 2) en la literatura urbana como marco de análisis conceptual para encontrar soluciones de adaptación y 3) en la misma, como herramienta que favorece y fomenta la integración en relación con la planeación urbana (Béné, et al., 2014).

La mayor parte de las ciudades atraviesan una etapa sin precedentes de cambios y estragos sociales, económicos, ambientales, territoriales, entre otros, que han modificado las dinámicas poblacionales en diversas escalas por causas como la contaminación, guerras, epidemias, conflictos políticos y sociales, terrorismo, seguridad alimentaria y la afectación en la disponibilidad de los recursos naturales para poblaciones que crecen desmedidamente. Por todo lo anterior, es imprescindible fomentar la resiliencia urbana, pero, ¿qué es?, ¿de qué maneras se puede implementar?

1.4.1. La resiliencia en el urbanismo

Tomando como puntos de referencia a las disciplinas que intervienen en el proceso y a las fases del desarrollo de las ciudades, es posible apreciar el surgimiento de nuevas áreas y materias de estudio para el urbanismo. Una de ellas es la resiliencia, si bien, como ya ha sido mencionado, el concepto tiene su origen entre las ciencias exactas y poco a poco ha sido incorporado a otras disciplinas.

El urbanismo se relaciona con la planeación de la ciudad en función de las dinámicas sociales y la modela o remodela con base en su desarrollo; contribuye con el aprovechamiento del terreno mediante la señalización de los usos de suelo y otras actividades que se proyectan como benéficas para la población. También planifica la distribución de los servicios básicos, como el del agua, que funge como estructura de soporte en áreas rurales y zonas urbanas.

De acuerdo con el Diccionario de la Real Academia Española, el urbanismo es el “conjunto de conocimientos relacionados con la planificación, desarrollo, organización u ordenación de los edificios y espacios con una concentración y distribución de la población en ciudades” (DRAE, 2016). Por su parte, el diccionario Merriam Webster (2015) lo define como el estudio físico de la ciudad y su planeación. También es una medida de proporción de la población total que vive en las ciudades (Wirth, 1938), e incorpora los requerimientos de los bienes y servicios básicos, estructura e infraestructura para el funcionamiento y habitabilidad de una ciudad.

En la planeación y desarrollo de la ciudad se involucran distintos vectores orientados al bienestar de la población, como accesibilidad, movilidad, áreas verdes, espacios públicos, vialidades e infraestructura que operan para su funcionamiento, y esto requiere de la acción, en conjunto y por separado, de especialistas en diversas disciplinas, entre ellos: urbanistas, arquitectos, ingenieros, biólogos, sociólogos, abogados, economistas y ambientalistas.

La resiliencia en el urbanismo propone la realización de estudios e investigaciones enfocadas en la implementación de medidas eficientes para el mejoramiento mediante una constante retroalimentación entre los especialistas de los ámbitos señalados, así como en la integración de los recursos naturales a corto, mediano y largo plazo durante los procesos de

planeación y desarrollo de las ciudades. La tabla 4 muestra las propiedades o categorías teóricas que se emplean en su estudio.

Tabla 4. Categorías teóricas para casos de estudio

Propuesta de Holling (1973) (Ecología)	Propuesta de estudio (Urbanismo)
Persistencia	Adaptación
Cambios de los sistemas	Transformación
Umbral	Vulnerabilidad aceptable

Fuente: elaboración propia con base en Holling (1973)

Como en su momento lo fue la ciudad post-industrial, así, la ciudad sostenible y la ciudad resiliente se erigen como necesidades particulares que caracterizan una etapa histórica de las sociedades (Caputo, et al., 2015). Las ciudades han transitado por diversos procesos de reconfiguración para ajustarse a los requerimientos sociales de la actualidad, que se encuentran normados por la planeación, materia del urbanismo, bajo los principios de orden y estructura.

1.4.2. ¿Qué es la resiliencia urbana?

El crecimiento demográfico y territorial de las ciudades acarrea como consecuencia inevitable una mayor demanda de infraestructura, energía, viviendas, así como un más amplio suministro de productos alimenticios y de agua. Esta rápida urbanización es una de las mayores transformaciones sociales en la historia humana, ya que ha modificado el paisaje natural y generado problemas de contaminación ambiental. Las ciudades han propiciado el agotamiento de los recursos y ahora enfrentan toda una serie de nuevos riesgos provocados por el cambio climático.

No obstante, también pueden representarse a sí mismas como motores de la innovación tecnológica. Muchas ciudades en todo el mundo comienzan a adoptar medidas basadas en la naturaleza para generar energías ecológicamente sustentables que favorecen su adaptación y resiliencia, como la implementación de techos y paredes verdes o la restauración de humedales (McPhearson, et al., 2016).

El enfoque urbano, según Yumagulova (2012), pone énfasis en la resiliencia de la ciudad, determinada por la planeación de sus relaciones con los ecosistemas para obtener una respuesta favorable ante las variaciones demográficas, económicas y medio ambientales. Salat & Bourdic (2012) consideran que las ciudades han demostrado poseer la capacidad de absorber las sucesivas transformaciones sin perder su estructura esencial.

Los aportes de los estudiosos de la resiliencia han permitido el desarrollo de una propuesta teórica sobre la resiliencia urbana que ha sido trabajada desde dos enfoques: el relativo al cambio climático y otro acorde con los sistemas socio-ecológicos. De acuerdo con Satterthwaite & Dodman (2013), la adaptación y transformación se conciben como un tema de interés para todas las áreas urbanas, pues permiten preparar a las ciudades para resistir y recuperarse de los impactos directos e indirectos de un fenómeno crítico.

Las áreas urbanas se encuentran en constante evolución. Con el transcurso del tiempo han padecido y sufrido todo tipo de dificultades (Amin, 2014), y se han adaptado a diversos contextos a partir de transformaciones que les han permitido su pervivencia y continuidad a lo largo de la historia. Esto está asociado con la capacidad de resiliencia que cada una mantiene con su entorno. La explicación a lo anterior proviene del campo del urbanismo moderno, y parte de cuatro funciones: “a) el habitar, la función residencial; b) el trabajo y las actividades económicas; c) la recreación y esparcimiento; d) la circularidad, es decir, la interrelación entre las tres funciones” (Tobío, 1995).

Los sistemas urbanos han sido configurados bajo la lógica de las dinámicas sociales en sus distintos ámbitos, pero pocas veces se han involucrado los aspectos ecológicos o la relación armónica que debe existir entre el ser humano y el medio ambiente. Sólo en los últimos años, y bajo el contexto del cambio climático, han sido creadas legislaciones y políticas orientadas a la protección y conservación de los recursos naturales.

En torno de este giro en el discurso, se han desarrollado nuevas vertientes de investigación que relacionan a los sistemas urbanos con el medio ambiente, particularmente en lo referente al mejoramiento y ampliación de la capacidad de los primeros para hacer frente a los desastres y tener una recuperación tan rápida como sea posible (Gibberd, 2014).

Así, al fomentar la adaptación, se crea un escenario favorable para las transformaciones necesarias para hacer frente y absorber las crisis, mantener la estructura del sistema y, al mismo tiempo, crear acciones encaminadas para la resiliencia en las

ciudades: “El grado que las ciudades pueden tolerar alteraciones antes de reorganizarse alrededor de un nuevo ambiente de estructuras y procesos”. (Alberti, 2003: 1170, citado en Collie et al., 2013: 5).

La definición anterior considera aspectos de tolerancia que remiten al concepto de resistencia, pero sólo considera una dimensión de la resiliencia y no las interrelaciones entre elementos internos y externos, lo que hace evidente que la resiliencia urbana se manifiesta como sistema dinámico en constante cambio, como los flujos de información, de personas y de la creciente demanda de recursos naturales para su supervivencia.

Otro aspecto a considerar es: “la capacidad de una comunidad de anticipar, planear y mitigar los riesgos y aprovechar las oportunidades asociado con los cambios sociales y ambientales” (Bernstein, et al., 2013), ya que la define de manera aislada, sin tomar en cuenta los procesos y dinámicas sociales que tienen lugar con el entorno ambiental, ni las características de la ciudad como sistema viviente en el que convergen diferentes clases de vulnerabilidades. Sin embargo, sí considera que representa la oportunidad de experimentar un momento de cambio.

A partir de ambas definiciones, es posible argüir que la tolerancia está relacionada con la resistencia, provocada, a su vez, por los efectos ejercidos por factores externos y las interrelaciones entre sistemas y subsistemas que influyen en la persistencia de las estructuras. Estas definiciones están orientadas en la reducción de los riesgos ante los que una ciudad es vulnerable y, al mismo tiempo, proponen un modelo de gestión para las distintas etapas (antes, durante y después) de respuesta ante un evento crítico. Algo semejante ocurre para Spaliviero, pues afirma que: “Se refiere a la habilidad del sistema urbano de resistir y recuperarse rápidamente desde un peligro plausible” (Spaliviero, et al., 2015).

Los argumentos presentados muestran rasgos o características compartidas en lo referente a la adaptación, sin embargo, el enfoque de la resiliencia urbana no sólo está dirigido hacia las problemáticas causadas por desastres socio-naturales; también implica una serie de elementos que no están aislados y no necesariamente están sujetos a procesos dañinos provocados por algún evento, tal es el caso de la disponibilidad de los servicios básicos como el agua, situación sujeta a las dinámicas urbanas y a los procesos de expansión de la ciudad. De esto surge la necesidad de plantear una definición que

contemple estas dinámicas en relación con los soportes estructurales del sistema urbano, como el suministro de agua.

La **resiliencia urbana** sería, pues, la habilidad del sistema urbano para adaptarse y transformarse frente a la crisis de escasez de los recursos naturales disponibles. La resiliencia urbana se sustenta en el argumento de que las ciudades deben ser planeadas, organizadas y administradas para asegurarles, así, una capacidad de respuesta óptima y de transformación ante un entorno físico incierto (Kellogg, 2016), debido, entre otras causas, a los procesos de crecimiento urbano que demandan la invasión de espacios naturales de reserva. Por ello, la disponibilidad y la seguridad en el suministro de agua deben ser planificadas para mantener a un municipio, estado, región o país invulnerables a su escasez.

Con base en esta definición, la presente investigación tendrá como escalas de análisis la diversidad demográfica, los cambios ambientales y el contexto económico.

1.4.3. Propiedades de la resiliencia urbana

Las propiedades de la resiliencia urbana son determinadas con base en la teoría de Holling (1973), y están enfocadas en explicar el proceso de la resiliencia para hacer frente a un evento crítico capaz de afectar a las zonas urbanas. Se aporta una definición de ambas propiedades, adaptación y transformación, en relación con la disponibilidad y demanda del agua potable.

I. Adaptación (persistencia y flexibilidad)

Resulta sumamente complejo elaborar una definición de la adaptación en materia de resiliencia urbana, debido a la multiplicidad de elementos que se entrelazan y fungen como un conjunto de sistemas de los que depende el correcto funcionamiento de la urbe –la ordenación de los edificios, la creación y ubicación de espacios públicos y privados, el abasto de bienes y el suministro de servicios, etcétera. Así, la ciudad se representa como un entramado de condiciones físicas y sociales con el fin de brindar un nivel de bienestar aceptable para sus habitantes.

La flexibilidad urbana genera nuevas formas para la operación, gestión, cooperación, planeación y mantenimiento en relación con los diferentes sectores sociales,

del mismo modo que organiza la estructura urbana como proceso estratégico ante una crisis socio-ambiental que le permita persistir. La adaptación de la ciudad abarca la flexibilidad y persistencia de los sistemas físicos, sociales y ambientales para organizar y operar nuevas formas de estructura mediante la planeación a corto, mediano y largo plazo. Combina, además, la experiencia y el conocimiento para ajustarse a los cambios provocados por los factores externos e internos (Patrick Martin & Anderies, 2011). También modifica sus características para lidiar con la crisis, pero esto no ocurre de manera instantánea, pues un sistema requiere de tiempo para adaptarse. Un alto nivel en la capacidad de adaptación reduce su vulnerabilidad (Adger, et al., 2004), la cual obedece al grado de exposición: “La adaptación es un medio para un fin, y no un fin en sí mismo” (Jacobs, 2015: 3). El proceso de adaptación conduce a la transformación.

II. Transformación (cambios estructurales)

La resiliencia es un proceso de transformación en zonas urbanas y rurales. Puede presentarse con tanta lentitud o rapidez, que los cambios que tienen lugar a lo largo de todo el proceso apenas resultan perceptibles. No implica necesariamente la absorción de una crisis, sino que es capaz de adaptarla al entorno para, después de un proceso de retroalimentación, cruzar el umbral que le permita al sistema transformado alcanzar un nuevo nivel de estabilidad.

La transformación representa la habilidad para responder y reorganizar la estructura urbana cuando no puede mantener su forma actual, provocando cambios a corto, mediano o largo plazo en busca de mantener el sistema y sus funciones socio-ambientales. Su proceso puede ser intencional, es decir, impulsado por las acciones deliberadas por parte de las personas, o forzada, lo que alude a transiciones impuestas desde fuera del sistema (O’Connell, et al., 2015a).

La adaptación y la transformación se encuentran ligadas entre sí dentro del sistema socio-ecológico; la adaptación puede conducir a una transformación en otro estado de desarrollo, lo que provoca dificultades para distinguir claramente la una de la otra (Apgar, et al., 2015).

A menudo, la transformación implica patrones de interacción entre los actores, incluyendo el liderazgo, políticas y relaciones de poder asociadas a la organización y acuerdos institucionales (Folke, et al., 2010).

La interrelación de estas dos propiedades explica la finalidad de la resiliencia urbana, que es la búsqueda de la ciudad por aumentar su capacidad de respuesta ante una crisis.

1.4.4. Características de la resiliencia urbana

Las características de la resiliencia urbana que a continuación serán expuestas permiten determinar los modos de intervención que incrementan la capacidad de adaptación y transformación como complemento al desarrollo urbano, y deben ser llevadas a cabo mediante la planeación e implementación de acciones estratégicas. Son las siguientes:

I. Diversidad. Un sistema urbano integrado por la mayor cantidad de componentes distintos entre sí tendrá una mayor y amplia gama de posibles respuestas ante el cambio y, por lo tanto, resulta poco probable su fracaso. Por ejemplo, una ciudad con una base económica diversa es menos vulnerable a la agitación económica que una que depende de una sola industria. En el aspecto de la gobernanza y la toma de decisiones, un proceso de colaboración que incorpora a una gran variedad de actores y perspectivas incrementa sus posibilidades de producir mejores resultados.

II. Redundancia. Del mismo modo que ocurre con el punto anterior, una ciudad resiliente presentará múltiples formas de realizar sus funciones básicas, de modo que el fallo de un componente no habrá de provocar el bloqueo de todo el sistema.

III. Modularidad. Los sistemas modulares, en los que las unidades individuales conservan cierta autosuficiencia al ser desconectados de las redes más grandes, se sentirán mejor durante los periodos de cambio. Por ejemplo, las personas que viven en una ciudad con una sólida cultura alimentaria local (granjas cercanas, mercados de agricultores) reducirán sus probabilidades de pasar hambre en el caso de una interrupción en las cadenas de suministro nacionales o internacionales. La modularidad permite que un sistema maneje su conectividad con zonas geográficas más amplias; es una forma de restablecer los

"cortafuegos" que se han perdido en una economía hiperconectada y globalizada (TKF, 2015).

Estas características se relacionan con componentes urbanos, como la infraestructura, los usos de suelo y la explosión demográfica (Sharifi & Yamagata, 2014). Del mismo modo, las áreas urbanas y rurales no son ajenas a la influencia de elementos externos provenientes del medio ambiente, del cual extraen los recursos necesarios para su funcionalidad, como en el caso del agua. La dependencia urbana hacia el recurso se da en función de la duración de las fuentes de abastecimiento o de su existencia determinada por las condiciones físico-naturales.

La afectación y susceptibilidad en la disponibilidad del recurso tienen su origen en la demanda; por lo tanto, la resiliencia urbana no sólo comprende los aspectos físicos y sociales, sino que representa una característica inherente al contexto urbano, como son las ventajas naturales –cercanía, disponibilidad y preservación de los recursos– y las oportunidades económicas (ISET, 2013) para persistir. Dicho con otras palabras, el agua representa la máxima condición para cada contexto dentro del proceso de desarrollo urbano.

1.4.5. Contexto de desarrollo de la resiliencia urbana

Las condiciones del territorio en el que se erige la ciudad permiten identificar de manera específica la flexibilidad a la que están expuestos los sistemas que la conforman. Es decir, los procesos urbanos manifiestan características tanto positivas como negativas; las primeras favorecen el desarrollo de la población y fomentan el acceso a bienes y servicios; las segundas implican situación de escasez y acaparamiento al situarse en áreas no aptas para la urbanización, que fungen como zonas de amortiguamiento ambiental.

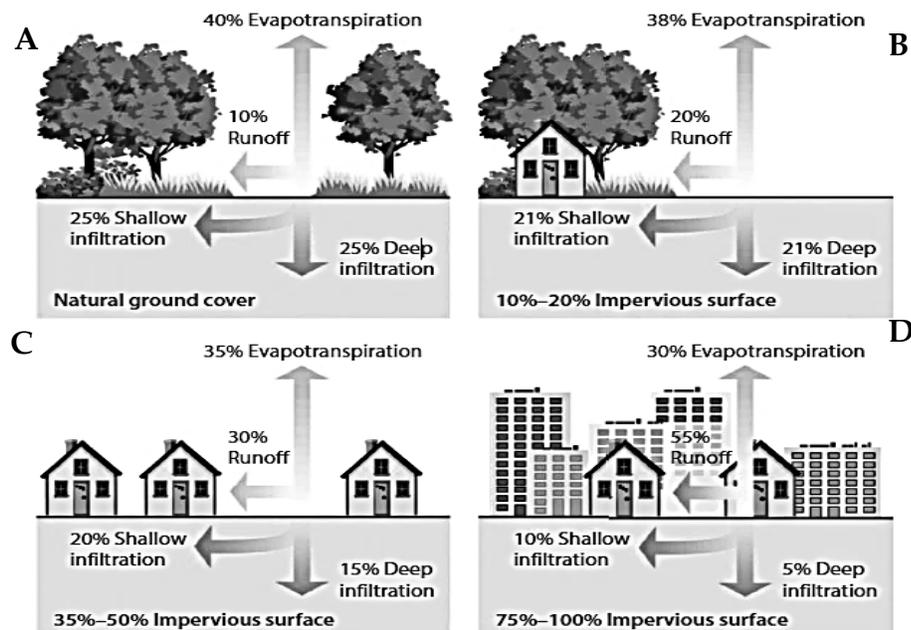
Los procesos urbanos producen causas y efectos que benefician o socavan la resiliencia; por tales motivos, Gunderson (2010) se ocupa del aspecto espacial/territorial atendiendo a los aspectos que son descritos a continuación:

a) ¿Resiliente a qué? Se identifica la perturbación en el sistema. Una perturbación se produce como impulso gradual y acumulativo; es una variabilidad natural de un sistema social-ecológico; los patrones de alteración en el tiempo pueden informar cómo trabajar con la perturbación en lugar de controlarla o evitarla.

b) ¿Resiliente de qué? Con esta pregunta se identifican los componentes clave del sistema socio-ecológico; ejemplo: social, ecológico, económico y político (Gunderson, et al., 2010).

Las dos cuestiones permiten identificar el problema en su contexto espacial a partir de la relación de los elementos considerados para su evaluación desde un enfoque de gestión del sistema social y ecológico en la demanda y disponibilidad del agua potable, que son mostrados en la figura 6, donde se representan las condiciones del territorio, antes, durante y después del proceso de urbanización en una cuenca hidrológica. Las condiciones de vulnerabilidad del territorio muestran la transformación de un espacio natural en uno artificial, en el que no es puesta ninguna atención sobre las condiciones naturales que permiten la recarga de los mantos acuíferos, lo que repercute en la disponibilidad del recurso. Sin embargo, esto no significa forzosamente que el proceso urbano sea una causa negativa, sino que no se han considerado estrategias de ordenamiento y gestión territorial, lo que resulta en la pérdida de espacios verdes que habrían beneficiado a la ciudad a la hora de satisfacer la demanda del recurso.

Figura 6. Cambios en las características ambientales después de la urbanización



Fuente: Jha (2013)

La figura 6 muestra cómo la pérdida de espacios verdes provocada por los procesos de urbanización produce un aumento de escorrentías de entre 10% a 55%, lo que disminuye la filtración del agua, originalmente de 25%, a solamente un mínimo de entre 10% a 5%. Es decir, la mayor parte del agua no se infiltra, sino que es canalizada hacia ríos y drenajes. Por otra parte, la cubierta vegetal es afectada y disminuida en casi 100% por causa de las capas de concreto y la construcción de edificios y viviendas. Al haber más construcciones que áreas verdes, la disponibilidad del agua es afectada, y no se toma en cuenta que los niveles de contaminación también aumentan en la medida en que son generados residuos sólidos provenientes de industrias y hogares.

1.5.El agua como indicador para medir la resiliencia urbana

A lo largo de la historia, el desarrollo de las civilizaciones ha estado estrechamente vinculado con la existencia de fuentes de agua cercanas a sus asentamientos. En la actualidad, se trata de un factor importante a la hora de seleccionar los sitios para establecer plantas industriales y para el desarrollo de centros urbanos y agropecuarios. (Almirón, 2004) Al constituirse como el soporte de todo tipo de sistema urbano, es necesario definir y establecer límites para su disposición y uso, y aumentar así la eficiencia del metabolismo urbano (UPV, 2012).

Las áreas urbanas y rurales interactúan con el entorno ambiental que las rodea y provee del recurso agua para satisfacer la demanda de sus pobladores; por lo tanto, es un indicador de bienestar social que, al ser afectado, condiciona e inflige daños sobre las zonas habitadas. Por esto, resulta imperativa la planeación en torno de su distribución y utilización, de acuerdo con las distintas actividades que se realizan en la ciudad, y en la que participen los diferentes actores sociales: públicos, privados, los comités locales y los organismos gubernamentales de cada municipio, estado, región y país.

1.5.1. Consumo recomendado de agua según el clima

Se entiende por agua potable aquella que es utilizada para fines domésticos e higiene personal. Se considera que alguien tiene acceso al agua potable si la fuente de la misma se encuentra a menos de un kilómetro de distancia del lugar en que será utilizada y si puede obtener de manera confiable al menos 20 litros diarios para cada miembro de la familia (OMS, 2016).

La demanda del agua se refiere a la “cantidad de agua requerida por una localidad completa, una parte de ella, sector industrial o industria específica, para facilitar las actividades domésticas, comerciales, industriales, turísticas, etc., que ahí tienen lugar” (CNA, 2007: 7).

La disponibilidad del agua es definida como: “el volumen total de líquido que hay en una región. Para saber la cantidad existente para cada habitante se divide el volumen de agua entre el número de personas de una población” (INEGI, 2010c), y se relaciona con el

acceso que tiene a ella una vivienda. INEGI (2010) la describe como viviendas particulares habitadas que cuentan con acceso a agua entubada dentro o fuera de ellas.

SEMARNAT-PNUMA (2004) establecen que el consumo de agua por habitante se determina de acuerdo con la dotación requerida y que este varía según el clima. El promedio de dotación del agua se calcula en litros requeridos por habitante al día (L/H/D), y se ilustra en la tabla 5, donde también se muestra el promedio de consumo entre la población de las áreas rurales y urbanas.

Tabla 5. Dotación de agua promedio según el clima

Clima	Población rural, L/H/D	Población urbana, L/H/D
Cálido	185	242
Semi-cálido	130	197
Templado	100	175

Fuente: SEMARNAT-PNUMA (2004)

Los gastos que representa el consumo del agua también varían con base en el tipo de clima y al entorno social –rural o urbano– en el que se encuentre, pues la demanda se incrementa o decrece de acuerdo con estas variables.

Tabla 6. Demanda diaria de agua para las necesidades humanas básicas

Usos	Litros de agua por día
Mínima para hidratación en climas templados	5
Para limpieza personal	20
Uso mínimo de agua para el escusado	15
Para la preparación de alimentos	10

Fuente: Brown & Matlock (2011)

De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS), una persona requiere, como mínimo, 50 litros de agua para su uso diario y evitar, así, problemas de salud. También considera que la disponibilidad mínima debe rondar entre los 20 y 25 litros diarios, pese a que esto representa preocupaciones y riesgos sanitarios, ya que estas cantidades no alcanzan para cubrir las necesidades básicas. Aunado a ello, recomienda que el acceso a la fuente no deba encontrarse a más de un kilómetro de la vivienda o que, en caso de verse en la necesidad de ir a buscarla y acarrearla, el tiempo del traslado no exceda los 30 minutos.

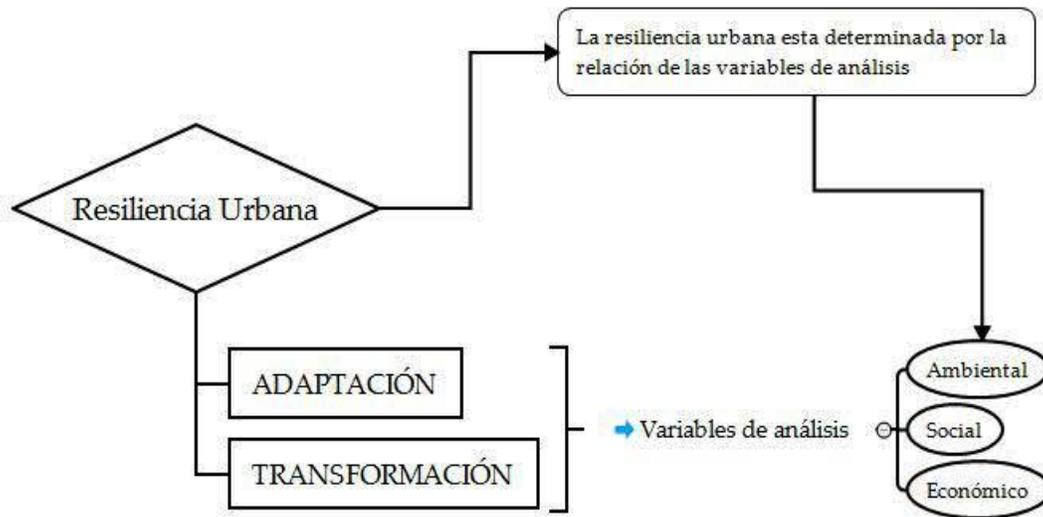
A manera de conclusión, la exposición de la multiplicidad de conceptos y definiciones de la resiliencia utilizados por distintas disciplinas persigue el objetivo de evidenciar la amplitud de su utilización, así como las características y metodologías específicas puestas en práctica para la evaluación de cada caso particular. Sin embargo, es posible apreciar que la resiliencia carece de una metodología aplicable de forma general o global para medir e identificar sus indicadores; esto se debe al poco o nulo consenso que existe entre las mismas disciplinas para unificar sus conceptos sobre ella.

Respecto de la resiliencia urbana, resulta remarcable la falta de caracterización de las categorías y variables para su medición, ya que la mayor parte de sus elementos, características y propiedades –como la adaptación y transformación– han debido ser, hasta ahora, adoptadas y adaptadas desde el enfoque de otras disciplinas, especialmente desde la ecología.

Queda demostrado que la intención de evaluar la resiliencia urbana por medio de la adaptación y transformación se debe a la facilidad de identificar, por medio del enfoque ecológico del que provienen, las variables e indicadores necesarios para la obtención de resultados más precisos, pese a que las interacciones ambiental y social, así como los umbrales críticos, se manifiestan de maneras distintas en dicha disciplina y en el urbanismo.

En el capítulo 2 se profundizará el tema de la evaluación de la resiliencia urbana a partir del planteamiento de una metodología que permitirá el análisis e identificación de las áreas más vulnerables en relación con la demanda y disponibilidad del agua potable en los municipios de Lerma de Villada y San Mateo Atenco, Estado de México, así como observar con mayor detenimiento las manifestaciones de la resiliencia urbana en ellos. Esta estructura metodológica partirá de las nociones de adaptación y transformación ya planteadas (ver figura 7) con base en tres categorías de análisis: económica, social y ambiental.

Figura 7. Componentes para la resiliencia urbana desde un sistema socio-ecológico



Fuente: elaboración propia

Serán incorporadas, además, las escalas de análisis a manera de diagnóstico de cada municipio y la relación que presentan mediante las variables de control que las afecta, en este caso, la demanda y disponibilidad del agua potable.

Cierre del capítulo

A manera de conclusión parcial, la resiliencia es ampliamente utilizada en diferentes disciplinas, cada una de ellas presenta casos diferentes, también presentan características y metodologías distintas para su evaluación. Sin embargo, no existe una similitud en cuanto a la forma de medir e identificar los indicadores, esto se debe probablemente a que la resiliencia se ha trasladado de manera distinta en cada área y objeto de estudio.

Con respecto a la ambigüedad de la resiliencia, se debe a la falta de consenso y definición del término, además de la falta de caracterización de las categorías y variables a medir y aunque es explicada de diferentes vertientes no ha sido suficiente para su entendimiento por sus diversas interpretaciones y aplicación en fenómenos estáticos o dinámicos. También se describió la resiliencia urbana como un nuevo enfoque emergente, donde se trató de definir junto con dos propiedades retomados desde el enfoque ecológico que son la adaptación y transformación y desde en enfoque de la Social-ecological-resilience.

La idea de evaluar la resiliencia urbana por medio de la adaptación y transformación es por la facilidad de identificar las variables e indicadores y aunque probablemente se dan de manera simultánea no significa que presenten condiciones similares como en el enfoque ecológico. Desde la interacción ambiental y social la dinámica de transformación y adaptación son distintas al igual que los umbrales. Para evaluar la resiliencia urbana en el capítulo 2 se plantea los pasos a seguir para analizar a los municipios de Lerma de Villada y San Mateo Atenco, Estado de México.

Capítulo 2. Propuesta metodológica

En este apartado se expondrá la propuesta metodológica para la evaluación de la resiliencia urbana a partir de las dos categorías de análisis mencionadas en el capítulo previo: la adaptación y la transformación.

Para alcanzar el objetivo planteado fue necesario recurrir a la consulta de fuentes bibliográficas provenientes de instituciones, tanto a nivel nacional como internacional, donde se muestran estudios previos sobre la resiliencia urbana; la bibliografía del capítulo se complementa con información provista por artículos en revistas de autores especializados en este tema.

Cada categoría de análisis contempla distintos indicadores en relación con la disponibilidad y demanda del agua potable en los municipios de Lerma y San Mateo Atenco y se clasifican de acuerdo con la adaptación y la transformación en sus aspectos económicos, sociales y ambientales.

2.1.Evaluación de la resiliencia urbana

La resiliencia urbana alienta los procesos para la superación de la vulnerabilidad en materia de disponibilidad y demanda del agua potable que presentan las áreas urbanas o rurales de los municipios mencionados, e incrementa sus habilidades para mantener las funciones humanas en una correlación armoniosa con los ecosistemas que los rodean. (Alberti, et al., 2003) Sin embargo, muy pocas metodologías han sido desarrolladas para tratar de dar respuesta a esta problemática y permitir, así, la comprensión de los fenómenos urbano-ambientales.

2.1.1. Metodologías utilizadas para evaluar la resiliencia urbana

Las metodologías utilizadas para el estudio de la resiliencia urbana en torno de la disponibilidad y demanda del agua potable se han enfocado en dos grandes rubros: por un lado, las desarrolladas por la ingeniería, que plantean criterios de evaluación, fiabilidad y vulnerabilidad; y, por otro lado, aquellos que destacan las habilidades de una comunidad para enfrentar la problemática de la escasez del agua.

La resiliencia urbana es un concepto utilizado por gobiernos, empresas, organizaciones de ayuda y organizaciones internacionales, como las Naciones Unidas (O'Connell, et al., 2015a), por medio del cual son elaborados modelos de escenarios deseables para mantener los servicios eco-sistémicos y en la preparación de medidas de planeación y respuesta ante desastres socio-naturales a consecuencia del cambio climático. También se emplea en el análisis de la seguridad alimentaria y escasez del agua, y en la privacidad de datos electrónicos o ciber-seguridad (Johnson & Millett, 2016), de riesgos ante desastres (Olson, 2011) y se orienta al desarrollo resiliente para la reducción de contaminantes –emisión de gases de efecto invernadero– en América Latina (LEDS LAC & EUROCLIMA, 2016).

Entre las instituciones de mayor renombre que trabajan este tema se encuentran ONU-HABITAT y la Fundación Rockefeller, que se dedica a la asesoría de diversas ciudades del mundo para que, por medio de la resiliencia, desarrollen la capacidad de sobreponerse a crisis físicas, sociales y económicas, y aprender de ellas para evitar que se

repitan en el futuro. Contempla una red de 100 ciudades, la Ciudad de México, Guadalajara y Ciudad Juárez entre ellas (BID, 2017).

Por su parte, el objetivo principal de ONU-HABITAT es el de aumentar la resiliencia de las ciudades ante al impacto de las crisis provocadas por fenómenos naturales y humanos. Un pilar fundamental para lograrlo consiste en garantizar que las ciudades sean capaces de resistir y recuperarse rápidamente tras sufrir el impacto de dichos sucesos. En México, la Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano (SEDATU) contempla dieciocho ciudades en calidad de resilientes: Ensenada, La Paz, Ciudad del Carmen, Tapachula de Córdoba, Ciudad Juárez, Saltillo, Manzanillo, Victoria de Durango, León de Aldama, Acapulco, Puerto Vallarta, Guadalajara, Tepic, Monterrey, Atlixco, Playa del Carmen, Mazatlán y Aculco, que se encuentra en el Estado de México (ONU-HABITAT, 2016).

Esta misma institución elaboró una guía de resiliencia urbana bajo los principios metodológicos del *Programa de Perfiles de Ciudades Resilientes* (CRPP, por sus siglas en inglés), la cual contempla, para México, la Gestión Integral de los Riesgos (SEDATU, 2016), que es empleada, principalmente, para dar respuesta ante la amenaza de riesgos socio-naturales, pero que no contempla las relaciones entre sociedad y medio ambiente en cuanto a la disponibilidad y demanda del agua potable se refiere.

Pese a que el enfoque de los estudios urbanos de estas organizaciones y programas se han centrado en los efectos del cambio climático, es posible apreciar en ellos diferencias y variaciones en cuanto a las dinámicas y condiciones sociales de acuerdo con las características de cada país; esto ha provocado que las medidas, procesos y formas de evaluar la resiliencia también sean distintas, sin alcanzar un consenso sobre la aplicación de una metodología específica que incorpore las mismas categorías de análisis o propiedades de la resiliencia (adaptación y transformación) para todos los casos, y que este trabajo busca proponer.

Para tales efectos, se recurrió a la consulta de autoridades en la materia, como la *Notre-Dame Global Adaptation Index* (ND-GAIN, 1995-2014), que propone un índice de adaptación para 177 países, incluido México. En él se presentan datos sobre cuáles son las naciones mejor preparadas para lidiar con los cambios globales ocasionados por la restricción de acceso a los recursos naturales, las alteraciones climáticas y el hacinamiento.

La ClimWatAdapt (2011) llevó a cabo un proyecto para la adaptación al cambio climático centrado en la gestión de las aguas a nivel de cuenca. El estudio presenta una serie de herramientas que proveen de ayuda con el fin de mejorar las medidas de adaptación, la base y calidad del conocimiento y facilitar el intercambio de prácticas de adaptación más adecuadas entre países y regiones. Utiliza la variable de vulnerabilidad e indicadores de escasez de agua.

Gunderson (2010) propone la implementación de una metodología con enfoque socio-ecológico: sus recursos, actores e instituciones. El autor elaboró un modelo conceptual que permite identificar los factores que contribuyen o erosionan la resiliencia, a partir de posibles umbrales que representan un punto de ruptura entre dos estados del sistema. También se basa en perspectivas de sistemas complejos adaptativos e integra un conjunto de conceptos clave para proporcionar una forma alternativa de pensar y practicar la gestión de los recursos naturales.

Otro factor clave para la resiliencia urbana son las políticas bajo las que se encuentran reguladas tanto la demanda como la disponibilidad de los recursos naturales. Ante esto, Ostrom (2015) considera que los problemas de abastecimiento deben implicar una regulación de los niveles de extracción para que no afecten de modo desfavorable la disponibilidad, incluso la existencia, del recurso agua. Para aminorar este problema, deben ser aplicadas reglas que proporcionen estabilidad y favorezcan la preservación de los recursos naturales a corto, mediano y largo plazos.

2.1.2. Elementos para analizar la resiliencia urbana

Para identificar los elementos con los cuales será medida la resiliencia urbana, fueron consultados estudios en materia de urbanismo y fomento a la adaptación y la transformación. A partir de ellos se identificaron los indicadores que consideran la problemática, de acuerdo con el Departamento para el Desarrollo Internacional del Reino Unido (DFID, 2011), ya que ubican la coyuntura de la resiliencia que, junto con la vulnerabilidad, permite, primero, explicar las condiciones que detonan un efecto estresante y, segundo, resaltar las capacidades para afrontarlo. Estos elementos son los siguientes:

I. Contexto. La resiliencia debe ser contextualizada con claridad, permitiendo una respuesta coherente a la pregunta ¿resiliente de qué? Puede ser identificada y fortalecida dentro de un grupo social, socio-económico o sistema político, ambiental o institucional.

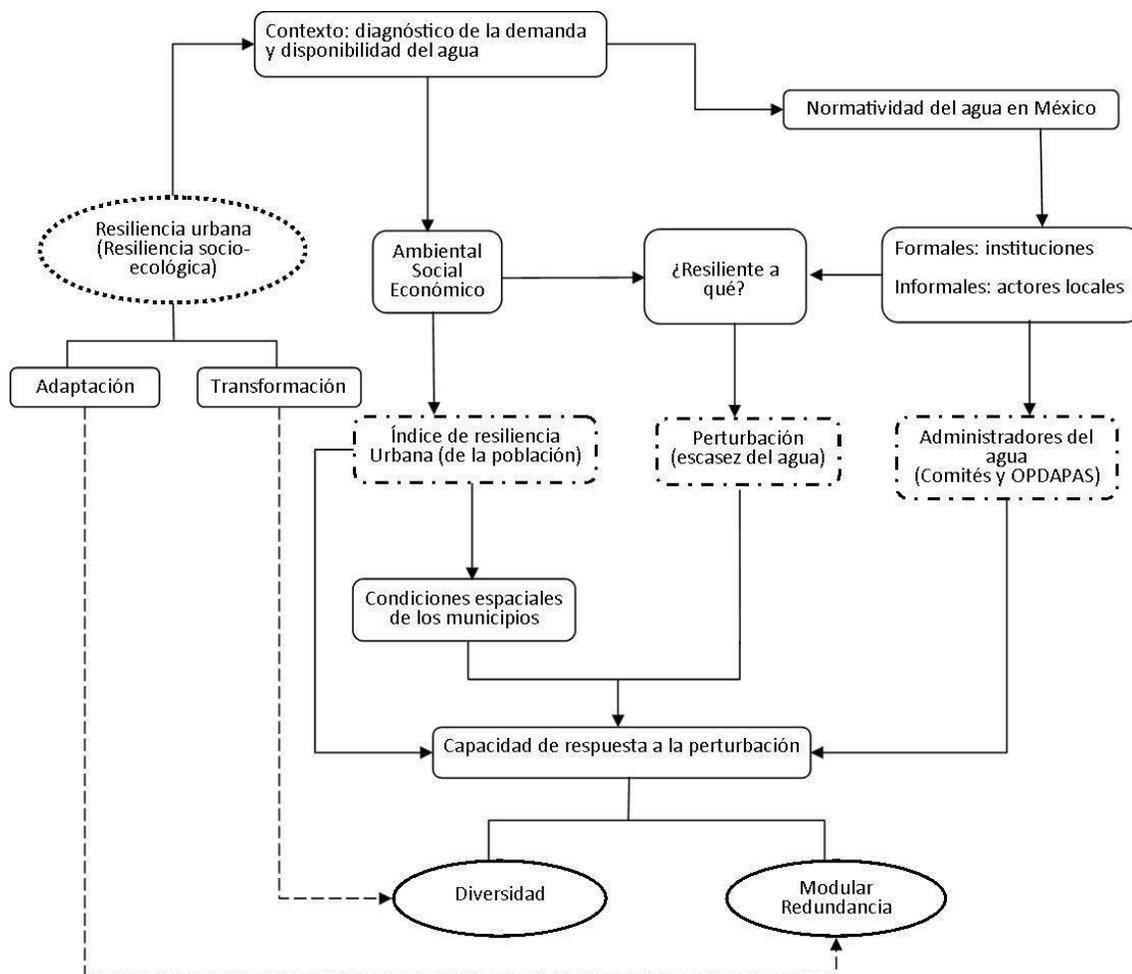
II. Perturbación. En el proceso o sistema de interés, el siguiente paso consiste en entender el origen del disturbio, que responde a la cuestión ¿resiliente a qué? Algunas causas de perturbación de deben, entre otros factores, a la degradación de los recursos, pérdida de producción agrícola, urbanización, cambios demográficos, cambio climático, inestabilidad política y disminución económica.

III. Capacidad para hacer frente a las perturbaciones. Significa la habilidad de los sistemas o procesos para tratar el choque o tensión; está basada en los niveles de exposición y sensibilidad.

IV. Reacción a la perturbación. En el mejor de los casos, la reacción ante un choque o estrés corresponde a un rebote del sistema hacia adelante (DFID, 2011: 9).

Los elementos para la evaluación de la resiliencia urbana ubican el contexto de la problemática para conocer bajo qué condiciones se manifiesta o conlleva a un aumento en la vulnerabilidad por causa de la perturbación. Asimismo, da la pauta para poner en marcha las acciones que permitan obtener la capacidad de respuesta y reaccionar para aumentar la resiliencia. En la figura 8 se presenta el proceso para evaluar la resiliencia y que en párrafos subsecuentes se explicará con mayor detalle.

Figura 8. Proceso para evaluar la resiliencia urbana



Fuente: elaboración propia

2.1.3. Propuesta para evaluar la resiliencia urbana

El discurso teórico sobre el que se sustenta la propuesta metodológica presentada en este trabajo proviene de la Social-ecological resilience (Folke, 2010) y los elementos a evaluar incluyen indicadores ambientales, sociales y económicos. Para su elaboración se han considerado los aportes de los siguientes autores e instituciones: (Holling, 1973), (Gunderson, et al., 2010), (ND-GAIN, 1995-2014), (O'Connell, et al., 2015a), (O'Connell, et al., 2015b), (ClimWatAdapt, 2016), (Folke, et al., 2010), (Yumagulova, 2012), (Falkenmark, 1989) y (DFID, 2011).

I. Contexto de la perturbación. Considera los factores que alteran la resiliencia urbana. En el caso del presente estudio, corresponde al sector del agua potable, su disponibilidad y demanda bajo condiciones de vulnerabilidad.

a) Demanda del agua potable en los municipios de Lerma y San Mateo Atenco.

Toma en cuenta las características socio-territoriales, los usos de suelo, la cobertura de la infraestructura hidráulica y pozos municipales, la demanda de agua para cada sector de actividad, las proyecciones de población y demanda de agua en los municipios*, el índice de resiliencia social (entrevista semiestructurada, ver anexo 1), los porcentajes de población ocupada y desocupada, los porcentajes de población ocupada por sector económico y a los actores que administran el agua. También se consideró en la parte económica la población ocupada y desocupada, la ocupada por sector económico y actores principales que manejan el agua como son los comités y OPDAPAS de cada municipio.

*Fórmulas para proyecciones de población, método geométrico (Tutoriales, 2013)

$$N_t = (1 + r)^t \quad (1)$$

dónde:

N_t y N_0 = Población al inicio y al final del período

t = Tiempo en años, entre N_0 y N_t

r = Tasa de crecimiento observado en el período. Puede medirse a partir de una tasa promedio anual de crecimiento constante del período; y cuya aproximación aritmética sería la siguiente:

$$r = \left(\frac{N_t}{N_0}\right)^{\frac{1}{t}} - 1 \quad (2)$$

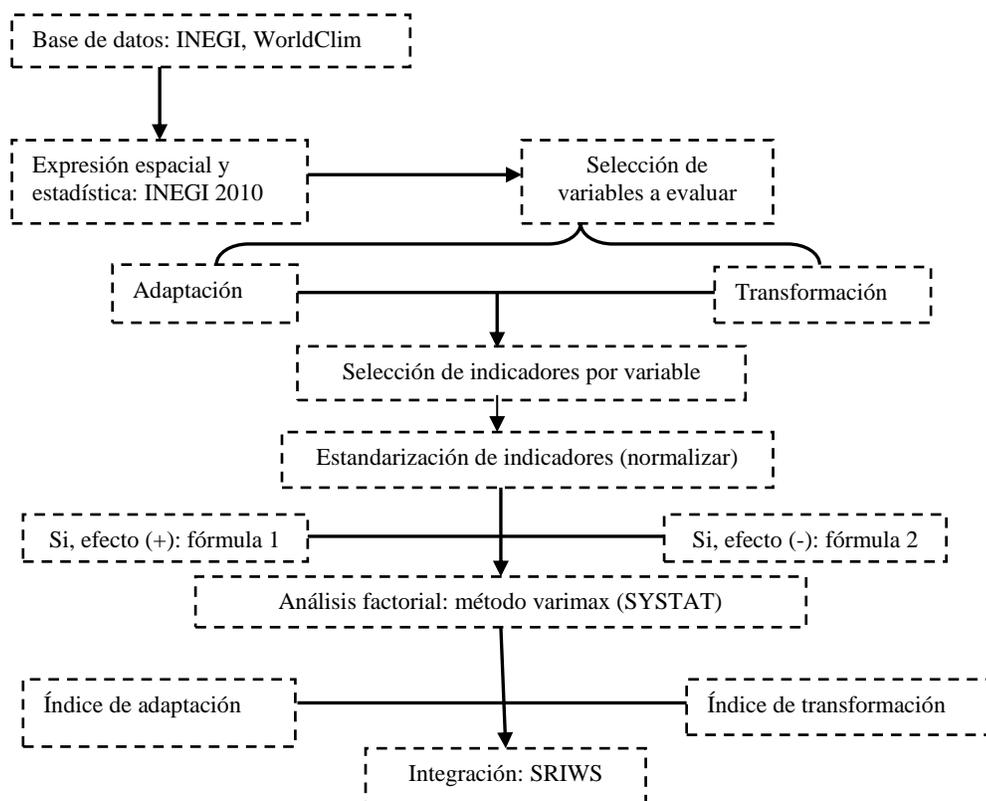
b) Vulnerabilidad en la disponibilidad del agua. Se obtiene gracias a factores como el promedio de precipitaciones pluviales, nivel de las aguas subterráneas, la contaminación del río Lerma y a los umbrales del agua (consumo per cápita).

2.2. Caracterización metodológica del índice de resiliencia social

A continuación se explicarán los pasos seguidos para la realización del índice de resiliencia social en los municipios de Lerma y San Mateo Atenco. Además, se mostrarán los indicadores tomados en cuenta para su elaboración, con el fin de identificar las áreas más propensas a la escasez del agua potable.

El modelo de análisis factorial de m factores comunes considera que las p variables observables X_1, \dots, X_p dependen de m variables latentes F_1, \dots, F_m , llamadas factores comunes y p factores únicos U_1, \dots, U_p (Cuadras, 2014). Para la obtención del índice de resiliencia urbana, se clasificaron los datos con base en las propiedades de la resiliencia (adaptación y transformación). Las variables propuestas se enumeran en la tabla 12 y el proceso para obtener los resultados se desglosa con detalle en la figura 9.

Figura 9. Proceso para la obtención de resiliencia social por escasez de agua potable



Fuente: Elaboración propia

La figura 9 presenta los pasos que se siguieron para obtener del índice. Parte de una serie de indicadores aportados por la base de datos de INEGI y WorldClim para, posteriormente, ser plasmados en cartografía mediante su selección con base en la adaptación y transformación. Tras el procesamiento de la información, se obtuvieron los índices de adaptación y transformación, previamente al análisis factorial con el método *varimax*. Para la elaboración del índice fueron elegidas dos variables explicativas: socioeconómica y ambiental, clasificadas en el anexo 2. Se retomaron 24 indicadores de 47 unidades de análisis por Áreas Geo-Estadística de Información Básica (AGEB) y de 63 áreas rurales. Al finalizar la selección de indicadores, los valores similares al Índice de Desarrollo Humano (UNDP, 2010) fueron normalizados.

Estos indicadores fueron seleccionados con base en datos e información recabada por el Censo de Población y Vivienda (INEGI, 2010b) y se les asignó un valor conforme al efecto que tienen sobre la adaptación y transformación: positivo (+) cuando contribuye a estas o negativo (-) cuando no las favorece y afecta la resiliencia, que en el presente caso, se trata de la capacidad para afrontar la escasez de agua potable. Los criterios de selección de estos indicadores son mostrados en la tabla 6.

El trabajo se realizó a partir de una base de datos cartográfica (hecha mediante el programa ArgGis 10.2) de zonas urbanas y rurales elaborada por INEGI (2010) (escala: 1: 250 000, ver anexo 3). Las variables implementadas fueron 24 de 42 posibles, 9 orientadas hacia la adaptación y 15 a la transformación, y la elección de los indicadores se realizó con base en los efectos que ejercen sobre la resiliencia.

Los valores de cada variable se normalizaron con base en su efecto sobre la resiliencia, ya fuera positivo o negativo, con el fin de que la escala normalizada cubra el intervalo [0, 1]; es decir, que para cada criterio la condición desfavorable es representada con 0 y la condición favorable con 1. Para modular el efecto del indicador de la resiliencia respecto del abastecimiento de agua, se consideró que, si su efecto es positivo, la modulación se basa en la siguiente función:

$$f(X_i) = \frac{X_i - \min(X_i)}{\max(X_i) - \min(X_i)} \dots \dots \dots (3)$$

Donde $f(X_i)$ representa el valor modulado para el indicador X en pixel i mínimo (X_i) y máximo (X_i) para un indicador. Complementariamente, si el decremento de la variable tiene un efecto positivo, se modula de la siguiente forma (Tan, et al., 2011):

$$f(X_i) = \frac{\max(X_i) - X_i}{\max(X_i) - \min(X_i)} \dots \dots \dots (4)$$

Después de completado el proceso de estandarización de los datos, se determinó el índice de resiliencia urbana respecto del abastecimiento del agua mediante el análisis factorial con el método *varimax*, que simplifica la interpretación de los indicadores. El análisis factorial se realizó mediante el paquete estadístico *Systat 12.02*.

Estructura del índice espacial de resiliencia de la población ante la escasez del agua potable (SRIWS). El SRIWS tiene dos componentes clave: la transformación (T) y la adaptación (A), que en conjunto integran 24 variables. Cada componente se calcula con la siguiente expresión general:

$$SRIWS = \sum_{k=1}^n w_i X_i \dots \dots \dots (5)$$

Donde SRIWS es el índice de resiliencia urbana respecto del abastecimiento de agua potable para la población, con valor de un área determinada; X_i se refiere al componente k de cada variable integrada y W_i es el peso aplicado a ese componente. Cada uno de ellos se integra por un número de variables, y estos son los primeros que se normalizan para, posteriormente, ser sometidos al análisis factorial con el método *varimax*. La ecuación 3 muestra las variables de adaptación (A) y transformación (T) que la integran:

$$SRIWS = w_i T + w_i T + w_i T + w_i T \dots \dots \dots n \quad (6)$$

$$SRIWS = w_i A + w_i A + w_i A + w_i A \dots \dots \dots n \quad (7)$$

Primero se estandarizaron los componentes de cada variable entre los intervalo de 0 a 1, donde el peor valor es 0 y el mejor, 1; los valores mayores de 0.50 representan las mejores condiciones para la adaptación y transformación del SRIWS. W_i es el peso con respecto al porcentaje total de la varianza respecto de la capacidad de transformación y adaptación respectivamente.

Después del proceso estadístico, y previo a la ubicación de los índices de la capacidad de adaptación y transformación, se establecieron tres categorías: alto, moderado y bajo.

Se entiende como adaptación alta (0.67-1.0) cuando los habitantes de una población cuentan con tomas de agua domiciliarias, están empleados, tienen la capacidad de pagar el servicio, presentan un mayor grado de desarrollo humano, están concentrados dentro del territorio urbano, no presentan problemas de salud (como infecciones intestinales) o lo hacen de forma muy reducida, hacen uso de sanitarios y lavadoras, y cuentan con reservas de agua en tinacos y cisternas como medidas para evitar la escasez.

A la adaptación moderada (0.34-0.66) corresponde una población que posee un mayor nivel educativo, pero que se encuentra dispersa sobre el territorio urbano; que cuenta con mayor cobertura de tomas de agua para su abastecimiento, pero cuya red hidráulica

presenta escaso mantenimiento y que sólo tiene una fuente de suministro de agua en sus viviendas.

En lo que se refiere a la adaptación baja (0.0-0.33), la población presenta problemas de disponibilidad por la escasa o nula cobertura de tomas de agua en sus viviendas o tienen fugas; en muchos casos no cuentan con sanitario, por lo que se ven frecuentemente afectados por infecciones intestinales; mantienen una incipiente coordinación entre habitantes para dar mantenimiento a la infraestructura hidráulica, por lo que el suministro debe ser realizado por tandeo.

Con respecto de la propiedad de transformación alta (0.67-1.0), el agua se encuentra a menor profundidad del acuífero, ya que las precipitaciones en zonas con un índice de marginación bajo son captadas por las áreas naturales de reserva; además, los pobladores de estas zonas cuentan, generalmente, con recursos económicos suficientes para acceder a otras fuentes de abastecimiento, y la aplicación de las normas y acuerdos sobre la materia son prioritarios para mantener la disponibilidad y el suministro del agua.

La población que se encuentra dentro del rango del índice de transformación moderada (0.34-0.66) presenta una mediocre coordinación que dificulta la distribución equitativa; son afectados por la falta de aplicación de acciones encaminadas a mantener los acuíferos y cuerpos de agua, mientras que el número de habitantes y la densidad de población en esas zonas urbanas aumentan de manera desordenada; presentan una comunicación deficiente que, en vez de fomentar, afecta los acuerdos y normas establecidas para el mantenimiento, disponibilidad y suministro del agua.

Por último, la población dentro de los márgenes de transformación baja (0.0-0.33) no cuenta con fuentes alternas de agua potable, por lo que se ven forzados a buscar el abasto en zonas más lejanas; su extracción se da cada vez a una mayor profundidad, y la aplicación de normas y acuerdos para el control del agua no se lleva a cabo.

II. Capacidad de reacción ante la perturbación. En relación con el concepto de resiliencia urbana y sus propiedades: adaptación y transformación, y a los componentes clave del sistema socio-ecológico con base en la provisión de recursos para reducir la vulnerabilidad y aumentar la resiliencia urbana.

a) Adaptación. Se vuelve necesaria cuando los recursos comienzan a agotarse (O'Connell, et al., 2015b). Son transiciones forzadas a otro régimen o sistema

(O’Connell, et al., 2015a). Su reducción o incremento obedece a factores sociales, económicos y ambientales: modularidad y redundancia.

b) Transformación. Proceso intencional debido a las acciones deliberadas de personas (transiciones impuestas desde fuera del sistema) (O’Connell, et al., 2015a). Políticas y estrategias de planeación realizadas para mantener la demanda y disponibilidad del agua y fortalecer la resiliencia urbana a partir de la integración de los diversos actores. Contempla acciones estructurales, es decir, medidas tomadas por los comités y gobiernos municipales para mantener la demanda y disponibilidad del agua potable; y acciones no estructurales, es decir, normas y acuerdos alcanzados entre los comités y gobiernos municipales que promueven la transformación: diversidad.

III. Criterios utilizados para la selección de los indicadores. Deben ser procesables a través de la adaptación y la transformación; consistentes en relación con los conocimientos actuales (teórico-conceptuales); potencialmente medibles a nivel municipal, estatal, regional y nacional; mantener una relación directa con la resiliencia urbana; conceptualmente transparentes y claros, y aportar datos de libre acceso.

IV. Entrevista: selección de variables y de actores

La selección de las variables y su efecto en cada propiedad de la resiliencia urbana se realizó tomando como referencia los datos mostrados en la tabla 7. A continuación, se presenta la entrevista que fue aplicada a los actores clave (ver tabla 8) con base en las características de la resiliencia urbana (ver tabla 9).

Tabla 7. Criterios de selección de los indicadores con base en su efecto

Propiedades de la resiliencia urbana	Efecto	
	Resiliencia	Vulnerabilidad
Adaptación	La adaptación puede ser impulsada mediante acciones deliberadas o autónomas de las personas (transiciones forzadas a otro régimen o sistema).	Incluye las perturbaciones o amenazas causadas por factores como el cambio climático. La adaptación es necesaria cuando un sistema está bajo amenaza o los recursos se están agotando.
Transformación	La transformación puede ser intencional (transiciones impuestas desde fuera del sistema) (O’Connell, et al., 2015a). El régimen de transformación depende del control del número de variables que son propensas a cruzar los umbrales.	Es negativa cuando no se tiene control sobre las variables, resultados, estructura, funciones y retroalimentaciones.

Fuente: Elaboración propia con base en (O’Connell, et al., 2015a), (O’Connell, et al., 2015b) y (Grigg, et al., 2015)

Tabla 8. Contraste entre resiliencia urbana a partir de la entrevista

Característica	Pregunta
Diversidad	Toma decisiones en grupo para distribuir el agua Coordinación entre los comités locales y los gobiernos municipales para la distribución del agua Porcentaje del presupuesto del comité local destinado para las obras de mantenimiento de la infraestructura hidráulica
Redundante	Relación con otros comités locales para compartir experiencias sobre el control y manejo del agua potable Los líderes del grupo promueven el cambio mediante reglas o normas para su mejor y más eficiente distribución
Modular	Acceso a fuentes alternas de agua potable (pozos, manantiales o red de agua) Proyectos para cuidar el agua

Fuente: elaboración propia

El objetivo de la entrevista es caracterizar y analizar las políticas y acuerdos respecto del control y manejo del agua potable a partir de las prácticas implementadas por los comités locales y organismos municipales en relación con la adaptación y la transformación en Lerma y San Mateo Atenco (ver anexo 1).

Tabla 9. Actores clave para la entrevista, Lerma y San Mateo Atenco

Actores	Objetivo
A. Internos	
1. Comités	Examinar los acuerdos sobre la distribución del agua potable.
2. Organismos municipales	Conocer las políticas en torno del manejo y distribución del agua potable.
B. Externos	
1. Villa Carmela	Describir la influencia del Sistema Lerma sobre los municipios para la distribución del agua potable y los convenios para la extracción del agua.

Fuente: elaboración propia

Cierre del capítulo

Para concluir el presente apartado, queda por decir que la metodología propuesta en las páginas previas ha sido elaborada a partir de los postulados teóricos de la Social-ecological resilience (Folke, 2010) debido, entre otras razones, a las dinámicas socio-ambientales que existen entre la demanda y disponibilidad del agua potable, y a cómo estas han influido en detrimento de la seguridad del agua en los municipios de Lerma y San Mateo Atenco.

Cabe señalar que es posible que las dos propiedades (adaptación y transformación) no se presenten simultáneamente en los indicadores propuestos para la evaluación de la resiliencia urbana, ya que requieren de un proceso indeterminado de tiempo para su

retroalimentación; dependen, también, de los factores y actores que influyen y toman parte en dichos procesos. Un ejemplo de esto son los desastres socio-naturales, que requieren de una respuesta inmediata, lo que no necesariamente sucede en el caso de la demanda y disponibilidad del agua potable como variable de control, que exige resultados a corto, mediano y largo plazos.

Esta metodología queda sujeta a modificaciones, como la incorporación de nuevos indicadores capaces de reducir las ambigüedades o equívocos que la resiliencia urbana pueda presentar; sin embargo, se hace un atento llamado para evitar el riesgo de saturarla con información y perder de vista el objetivo de este trabajo.

A lo largo de los siguientes capítulos se mostrará el funcionamiento de esta metodología durante su aplicación, con el objetivo de determinar la resiliencia de los municipios de Lerma y San Mateo Atenco en relación con el agua como variable de control para preservar los entornos urbanos y rurales, donde también serán descritas las legislaciones y normatividades impuestas para el control y manejo del agua.

Capítulo 3. Contexto normativo del agua

El presente capítulo tiene como objetivo exponer y analizar los aspectos normativos que favorecen la resiliencia de las áreas urbanas o rurales, con base en la relación entre políticas y acuerdos establecidos por los gobiernos municipales y comités locales encargados del manejo, disponibilidad y demanda del agua.

En las siguientes páginas se describirán los reglamentos y estatutos en materia de agua; se partirá de aspectos generales considerados a nivel internacional para, después, atender el caso de México y, en particular, del Estado de México, al que pertenecen los municipios que son el objeto de este estudio.

En seguida, se hará mención de las leyes que regulan la administración del agua, de manera informal, en Lerma y San Mateo Atenco, así como de los acuerdos de extracción en beneficio de la ciudad de México, que evidencian su ilegalidad al hacer caso omiso de varios decretos de veda para dicha actividad.

3.1.Contexto normativo internacional del agua

I. Marco institucional

Existen dos clases de actores que tienen a su cargo el manejo del agua: las instituciones gubernamentales y las organizaciones privadas o locales. Entre ellas realizan interacciones cuyo fin último les permite el establecimiento, observación y ejecución de una serie de reglas, tanto formales (leyes, constituciones, mercados organizados y derechos de propiedad) como informales (que incluyen las reglas que expresan las normas sociales o conductuales de una familia, comunidad o sociedad; también obedecen a las prácticas culturales que determinan los modos en que las personas interactúan con los ecosistemas a su alrededor) (Gunderson, et al., 2010).

La provisión de los servicios de energía eléctrica, agua y saneamiento y vías de comunicación ha sido, hasta hace algunos años, una labor casi exclusiva de los sectores públicos de cada nación, pero las políticas actuales del Banco Mundial y del Banco Interamericano de Desarrollo (BID) buscan maximizar la participación de la iniciativa privada en la provisión de dichos servicios utilizando un mayor uso de criterios de mercado (Rosa & Peña, 1995). El Banco Mundial mantiene con México distintos proyectos y convenios de financiamiento rural, desarrollo de energías sustentables para revertir los efectos del cambio climático y del sistema de protección social, entre otros (BM, 2017).

En el plano internacional, existen dos disyuntivas: por un lado, se busca fomentar la participación privada en la administración del agua; por el otro, las Naciones Unidas, a través del Comité de Derechos Económicos, Sociales y Culturales, considera dentro de sus normativas en relación con el derecho al agua que: “debe tratarse como un bien social y cultural, y no fundamentalmente como un bien económico” (ONU, 2002). Sin embargo, tanto en la práctica como en la aplicación normativa, el agua es generalmente considerada como un bien social, cultural y económico, lo que ha provocado la disputa por el recurso, desfavoreciendo a los menos privilegiados, que cada vez ven más restringido su acceso al vital líquido, lo que torna cuestionable la legislación en torno de este derecho.

La Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible de la Asamblea General de las Naciones Unidas considera como uno de sus mayores objetivos mejorar las condiciones de vida de todas las personas, ante el “agotamiento de los recursos naturales y los efectos negativos de la degradación del medio ambiente, incluidas la desertificación, la sequía, la degradación del suelo, la escasez de agua dulce y la pérdida de biodiversidad, aumentan y exacerban las dificultades a que se enfrenta la humanidad” (ONU, 2015, p. 5).

II. El derecho al agua

El derecho al agua significa el acceso que cada individuo debe tener a la cantidad necesaria de este recurso para mantener la vida y la salud y satisfacer sus necesidades básicas, pero no confiere a las personas acceder a una cantidad ilimitada de ella. El requisito de la asequibilidad también pone en relieve que la recuperación de los costos no debe erigirse en un obstáculo para el acceso al servicio de agua potable y saneamiento, especialmente para los sectores sociales más pobres. El Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) propone como punto de referencia un umbral el 3% del ingreso familiar como asequible para todos. Ningún individuo o grupo debería verse privado del acceso a agua potable por no poder pagarla (ONU-HABITAT, 2010).

De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud, una persona requiere entre 50 y 100 litros diarios de agua para cubrir sus necesidades básicas y evitar sufrir daños en su salud (OMS, 2016). Además, la seguridad del agua en las ciudades resulta de vital importancia debido a los diversos usos a los que es sujeta, especialmente los que corresponden a la sanidad urbana. Se requiere de medios de planeación, gestión, coordinación y administración del recurso; de normas y acuerdos que aseguren la disponibilidad del agua ante la creciente demanda de los usuarios.

3.2. Instrumentos normativos del agua en México

El manejo del agua en la República Mexicana está contenido en el artículo 27 Constitucional, que establece, sobre la propiedad de las tierras y aguas comprendidas dentro de los límites del territorio nacional, que éstas le corresponden, originariamente, a la Nación, la cual ha tenido y tiene el derecho de transmitir el dominio de ellas a particulares, constituyéndose, así, en propiedad privada. Establece, además, que las expropiaciones sólo podrán hacerse por causa de utilidad pública y mediante indemnización (CPEM, 2017). Con respecto de las leyes, México cuenta con la Ley de Aguas Nacionales (LAN) para controlar y administrar el recurso.

El agua ha pasado a ser un asunto de seguridad nacional en México, y al igual que en el resto del mundo es parte de los recursos naturales que están en disputa y que son estratégicos para el desarrollo. Si en el siglo XX el petróleo fue el oro negro, en el siglo XXI el agua es el oro azul. Un recurso básico para la vida y para el desarrollo económico, fuente de riqueza y de miseria, de salud y enfermedad, un derecho humano y una mercancía (Lira, 2005, p. 36).

3.2.1. Ley de aguas nacionales, 2017

La Ley de Aguas Nacionales (LAN) establece y acredita a la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) y a la Comisión Nacional del Agua (CNA) como los únicos organismos poseedores de las facultades para administrar el manejo del agua, en sus distintos niveles de gobierno, y pese a la existencia de otros, como el Organismos de Cuencas, los Consejos de Cuencas y la organización y participación de los usuarios y de la sociedad (CONAGUA, 2017).

Esta Ley no hace mención de organizaciones comunitarias que puedan controlar y manejar el recurso, especialmente en las comunidades rurales; sólo reconoce la existencia de comités para distritos de riego, de cuencas y técnicos para aguas subterráneas. Por lo tanto, los comités locales de los municipios no deben ejercer ninguna incidencia ni poseer presencia jurídica que los respalde como organismo operador y administrador del agua. El artículo 14 BIS de la LAN considera únicamente el otorgamiento de apoyos y permisos a

organizaciones no gubernamentales con objetivos, intereses o actividades específicas en materia de recursos hídricos y su administración para que colaboren en Consejos, Comisiones y Comités de Cuenca; del mismo modo, facilita la participación de colegios y académicos especializados y de organizaciones sociales cuya integración busque enriquecer la planificación y gestión de las aguas nacionales (CONAGUA, 2017). Para la implementación del control y manejo del agua se han realizado programas a nivel federal con enfoque local, que son utilizados como instrumentos de planeación, como el *Programa Nacional Hídrico* y el *Programa para la Modernización de Organismos Operadores de Agua* (PROMAGUA).

3.2.2. Programa Nacional Hídrico 2013-2018

La planeación a largo plazo que contempla el *Programa Nacional Hídrico* tiene como objetivo lograr la seguridad y sustentabilidad hídrica en México. Por tal motivo, considera estrategias para ordenar la explotación y el aprovechamiento del agua en cuencas y acuíferos, además de mejorar su calidad. También incorpora la gobernanza del agua con el objeto de fortalecer la participación de organizaciones sociales y académicas en la administración y preservación del recurso (SEMARNAT, 2014).

Es importante resaltar que ambos aspectos son imprescindibles para fomentar la resiliencia urbana; sin embargo, en la práctica, no se han logrado desarrollar por la falta de coordinación e integración, tanto de las distintas instancias como de diversos sectores sociales, que no poseen los mecanismos de participación necesarios, lo que ha derivado en el surgimiento de conflictos por el agua.

El segundo objetivo del *Programa* se refiere a la seguridad hídrica ante sequías e inundaciones. Para cumplirlo, plantea la estrategia 2.1, enfocada en la resiliencia de la población ante las sequías. Dicha estrategia plantea una distribución adecuada y oportuna de agua entre la población y la industria (especialmente respecto de la producción de alimentos) por medio de la creación de políticas operativas sobre las principales fuentes de abastecimiento, bajo criterios de optimización orientados hacia la obtención de la máxima productividad hídrica (SEMARNAT, 2014).

El *Programa* propone la realización de obras de drenaje pluvial sustentable, la restauración ecológica en cuencas, así como establecer la corresponsabilidad de las autoridades para conservar limpias y ordenadas las márgenes de los ríos y cuerpos de agua; resalta la importancia de la implementación del Ordenamiento Ecológico del territorio en todos sus niveles, locales y regionales. Sin embargo, la estrategia mencionada únicamente hace referencia a aspectos relacionados con la infraestructura (presas) para dotar del servicio de agua a la población; en cambio, no considera factores ambientales para fomentar la disponibilidad del recurso, como las zonas de recarga, que permiten preservar el agua para su uso en áreas rurales y urbanas. Otros instrumentos normativos en materia de agua son los siguientes:

I. Programa para la Modernización de Organismos Operadores de Agua

El *Programa para la Modernización de Organismos Operadores de Agua* (PROMAGUA) brinda apoyo a los prestadores de servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento en localidades mayores a 50 mil habitantes o en aquellas que son atendidas por organismos operadores intermunicipales. Estos consisten en la capacitación del personal con la meta de hacer más eficientes sus servicios y de mejorar la calidad de los mismos, así como en incrementar la cobertura del suministro. El programa cuenta con la inversión y financiamiento de la iniciativa privada para la operación y mantenimiento de la infraestructura hídrica (CONAGUA, 2012).

II. Agenda del Agua 2030

Además de los dos programas anteriores, México cuenta también con la Agenda del Agua 2030 como instrumento para la consolidación de una política de sustentabilidad hídrica. Se trata de una proyección a veinte años para que el país cuente con ríos, cuencas y acuíferos limpios y ambientalmente equilibrados, así como una cobertura universal de agua potable y alcantarillado (SEMARNAT-CNA, 2011).

III. Guía de Resiliencia Urbana de la Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano

Esta *Guía* proporciona una serie de elementos que fomentan la resiliencia de las ciudades. Aunque está enfocada, principalmente, en los riesgos potenciales provocados por desastres naturales y antrópicos, también considera el aseguramiento en la disponibilidad del agua para la población. Para fortalecer la resiliencia urbana, fomenta la planeación territorial debido a la acelerada urbanización y fuerte presión sobre los suministros de agua dulce (SEDATU, 2016).

3.2.3. Ley del Agua del Estado de México y Municipios

La Ley del Agua del Estado de México y Municipios (LAEMyM) tiene como finalidad normar la explotación, uso, aprovechamiento, administración, control y suministro de las aguas de jurisdicción estatal y municipal.

En su artículo 4, fracción 8, se exponen el nombre de las instituciones, grupos u organizaciones encargadas de la administración del agua (GEM, 2013a), entre los que no figuran los comités municipales de agua contemplados expresamente como tales; sólo son reconocidos cuando obtienen un registro en calidad de usuarios, pero tampoco se consideran como organizaciones descentralizadas para controlar y distribuir el recurso.

La descentralización del Estado impulsó a los gobiernos municipales en México a tomar medidas y responsabilidades en los aspectos que, poco a poco y conforme a su progresiva desaparición, dejaron de corresponder a los organismos paraestatales. La alternancia política en los municipios fue otro factor que justificó la creación de la Reforma Municipal en todo el país, la cual se configuró a través de modificaciones al artículo 115 constitucional en 1983 y 1999, que revaloró el papel de los gobiernos municipales, dotándolos de atribuciones para ofrecer los servicios públicos básicos y hacerse responsables de la planeación en materia urbana y de desarrollo (Sánchez, 2014).

El artículo 35 de la LAEMyM, sección quinta, considera al Organismo Público Descentralizado para la Prestación de los Servicios de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento (OPDAPAS), y establece que podrá alcanzar autonomía y autosuficiencia financiera para la prestación de los servicios a su cargo, estableciendo los mecanismos de

control requeridos para la administración eficiente y la vigilancia de sus recursos (GEM, 2013a). Esta medida encuentra respaldo en el artículo 37, sección sexta.

Además del control y manejo del agua, los municipios poseen atributos y libertad para otorgar títulos de concesiones del recurso a la iniciativa privada, suministrando el servicio al sector público por medio de ella. Sin embargo, la existencia de comités autónomos independientes en algunos municipios y la distribución que estos hacen del agua, ha ocasionado problemas y disputas por poseer y administración el recurso.

Las normas y programas de planeación en materia de agua fomentan el bienestar de la población a través de medidas de abastecimiento y aprovechamiento al máximo del recurso en los tres niveles de gobierno. En el caso del Estado de México, se ha pretendido proteger la cuenca del Lerma mediante decretos de veda, lo que no ha tenido el impacto esperado; por el contrario, el nivel del agua en los acuíferos del Valle de Toluca ha disminuido, afectando notoriamente a los municipios de Lerma y San Mateo Atenco.

3.2.4. Decretos de veda y acuerdos de extracción del agua entre el Estado de México y la Ciudad de México

A lo largo de la historia han sido tomadas medidas de prevención para preservar los acuíferos y restringir las concesiones de las aguas del río Lerma, ejemplo de esto son las vedas; sin embargo, no han llegado a ser implementadas, provocando problemas de escasez en los municipios de Lerma y San Mateo Atenco.

Los decretos de veda en el Estado de México presentan diferentes coyunturas conforme al crecimiento de la demanda y la disponibilidad del agua. El primer decreto se realizó el 7 de diciembre de 1949; el segundo, el 21 de julio de 1954; el tercero, el 10 de agosto de 1965; el cuarto, el 14 de abril de 1975; así como el Acuerdo Presidencial del 11 de julio de 1970. El último decreto de veda se llevó a cabo el 10 de julio de 1978, declarando como de interés público la conservación de los mantos acuíferos dentro del territorio comprendido dentro de los límites geopolíticos del Estado de México (SEMARNAT, 2010).

Este decreto posee una clasificación II –las clasificaciones se encuentran en el artículo 11 del Reglamento en materia de aguas del subsuelo con fecha del 29 de diciembre de 1956– y sólo permite la extracción de los mantos acuíferos para usos domésticos en todo el Estado de México (SEGOB, 1958). Sin embargo, en la actualidad, el uso del agua se ha diversificado gracias a la concentración de industrias, al crecimiento de las ciudades, a la construcción de conjuntos urbanos y al uso agrícola, por lo que la capacidad y los niveles de los mantos acuíferos no han sido recuperados.

La veda fue impuesta exclusivamente para la región del Valle de Toluca, donde se localizan los municipios de Lerma y San Mateo Atenco, haciéndolos susceptibles a la escasez del agua en temporadas de estiaje, el decreto de veda que hace mención SEMARNAT (2010) fue realizado el 23 de septiembre de 1965 establece veda para el alumbramiento de aguas del subsuelo. Dicha veda está clasificada de acuerdo al artículo 11 del Reglamento en materia de aguas del subsuelo como zona III, el cual permite extracciones de los mantos acuíferos limitadas para usos domésticos, industriales, de riego y otros. (SEGOB, 1958).

Los decretos de veda no han favorecido la recuperación de los mantos acuíferos del Estado de México ni del Valle de Toluca; esto tiene explicación, en parte, debido a las constantes extracciones realizadas en dicho estado para surtir de agua a la Ciudad de México a través de la excavación de pozos de extracción en el Sistema Lerma. Los convenios de extracción afectan localmente la disponibilidad del agua en los municipios de Lerma y San Mateo Atenco, haciéndolos vulnerables a la escasez.

El Sistema Lerma cumple la función de llevar el agua del Estado de México a la Ciudad de México. En el convenio del 16 de diciembre de 1966 (DOF, 1966) se menciona la necesidad de llevar el agua a la capital del país debido al abatimiento del subsuelo en el Valle de México y a su incesante aumento de habitantes, por lo que se buscan nuevas fuentes de abastecimiento con un volumen mínimo de 5 a 6 m³/s, (1 m³=1 000 litros) para abastecer la demanda de los consumidores.

A cambio de su agua, los municipios afectados por la extracción serían beneficiados con la construcción de obras públicas como escuelas, vialidades, pozos y redes de agua potable para uso doméstico y con caminos que conecten la carretera de operación de los pozos del Sistema Lerma, además de desecar una superficie de 7 000 hectáreas aledañas a

las lagunas de Lerma para su utilización como tierras de cultivo (DOF, 1966), y que fueron repartidas entre los ejidatarios de San Pedro Tultepec, Lerma, y del Barrio de Guadalupe, San Mateo Atenco. Actualmente estas tierras están inundadas, ya que son parte de las ciénagas de Chimaliapan.

Sin embargo, estos convenios presentan dos aspectos contradictorios: el primero, el 10 de agosto de 1965, el *Diario Oficial de la Federación* estableció la veda por tiempo indefinido para el alumbramiento de aguas del subsuelo del Valle de Toluca, que comprende la cuenca del río Lerma; en esta zona es donde se perforaron los pozos para el aprovechamiento de las aguas subterráneas. El segundo, el acuerdo de 1966 permite la extracción de agua en la cuenca del río Lerma para satisfacer la demanda de la Ciudad de México.

Se presentó una segunda etapa del convenio de 1966 con la finalidad de asegurar los volúmenes de extracción de agua para la Ciudad de México: 5 m³ por segundo y 1 m³ por segundo más destinado a los municipios de Naucalpan, Zaragoza y Tlalnepantla (DOF, 1968). Se realizó un tercer convenio para el aprovechamiento del agua de los mantos acuíferos del alto Lerma a cambio de obras públicas –escuelas, lavaderos, abrevaderos, campos deportivos y pequeños auditorios– para los municipios afectados (DOF, 1969). Finalmente, un cuarto acuerdo de extracción, que continúa vigente, se llevó a cabo en 1970. Gracias a él se realizaron bordos para retener el agua con el objeto de recargar los acuíferos para, posteriormente, ser destinados para el riego de cultivos (DOF, 1970).

Pese a que los municipios se encuentran ubicados dentro de la zona de veda, los niveles de extracción no han sido limitados. La lista de los lugares que se beneficiarían de las obras públicas realizadas a cambio del agua de Lerma y San Mateo Atenco se puede apreciar dentro del convenio de 1966, apartado de cláusulas, punto 6°, inciso a.

En relación con la protección de los mantos acuíferos, una propuesta de ley realizada por especialistas en hidrología de la UNAM da pie a un nuevo marco de gestión y regulación de las aguas subterráneas en México, que permita la protección de estas unidades geológicas y garantice el abastecimiento de agua potable (Carmona, et al., 2017).

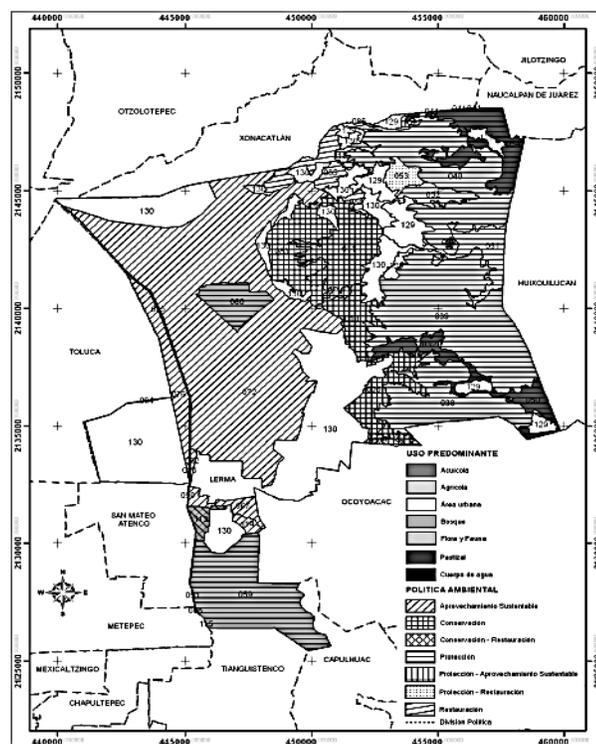
Aunado a las normas de planeación, en el Estado de México existen los Ordenamientos Ecológicos para cada municipio. Estos definen, instrumentan, evalúan y, en su caso, modifican las políticas ambientales de protección, conservación, restauración y

aprovechamiento, con el fin de lograr un balance entre las actividades de producción humanas y el medio ambiente. Los temas prioritarios para estos Ordenamientos son la contaminación del agua del río Lerma, de la Presa José Antonio Alzate y de las zonas de recarga del acuífero (GEM, 2011).

3.2.5. Ordenamiento Ecológico de Lerma y San Mateo Atenco

El Ordenamiento Ecológico contempla las áreas de fragilidad que no deben ser modificadas y señala como prioridad el mantenimiento de las zonas naturales con restricciones para el uso de suelo. Aunque el municipio de Lerma cuenta con esta herramienta de ordenación y ubicación de sus habitantes en áreas consideradas como idóneas para su asentamiento, no es aplicada, por lo que muchos de ellos se ven afectados a causa de inundaciones, ya que los efectos de la urbanización afectan directamente los procesos de recarga de los mantos acuíferos. Los patrones idóneos de ocupación del suelo en Lerma se muestran en la figura 10.

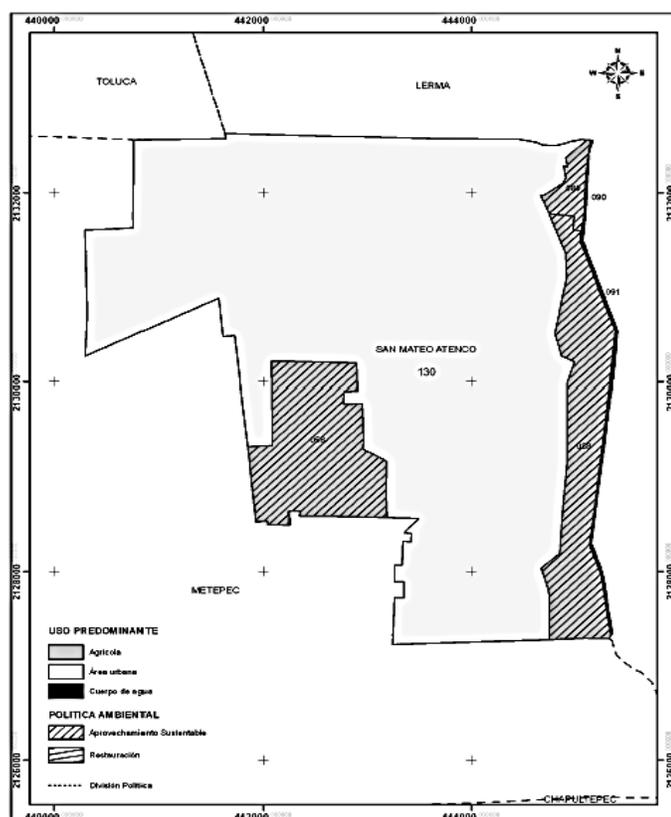
Figura 10. Ordenamiento Ecológico del municipio de Lerma, 2011



Fuente: GEM (2011a)

La dinámica urbana ha afectado en gran medida las áreas ecológicas debido a la falta de planeación en los usos del suelo. El Ordenamiento Ecológico de Lerma presenta una fragilidad de alta a máxima, con especial atención en la recarga de mantos acuíferos, zonas de erosión, presión social y contaminación del agua con políticas de recuperación y conservación (GEM, 2011c). A pesar de contar con estos lineamientos, el municipio sigue manifestando una fuerte presión sobre la demanda del recurso y su disponibilidad disminuye de forma alarmante. Por su parte, el ordenamiento ecológico de San Mateo Atenco presenta las siguientes condiciones:

Figura 11. Ordenamiento Ecológico del municipio de San Mateo Atenco, 2011



Fuente: GEM (2011a)

San Mateo Atenco evidencia aspectos para su atención prioritaria como la recarga de mantos acuíferos, la contaminación del agua, la presión de los pozos de agua y la presión urbana que afecta las escasas áreas verdes del municipio. Su fragilidad se encuentra

entre alta y máxima con políticas de aprovechamiento, restauración y protección (GEM, 2011).

Cierre capitular

A lo largo de las páginas anteriores, fue posible apreciar que la normatividad en materia de agua permite identificar factores que promueven la resiliencia urbana como: los decretos de veda, el acuerdo de extracción de 1970, que incita a la construcción de bordos para preservar el agua, los programas hídricos y el Ordenamiento Ecológico como herramienta de planeación para el territorio sin embargo, no ha sido compatible con los procesos urbanos.

También fue posible detectar que el principal obstáculo en la materia lo representan los artículos 27 y 115 Constitucionales, ya que las referencias de estos a la propiedad privada sobre un recurso público y común y a la descentralización de su administración por parte del municipio, han provocado disputas por la posesión, control y manejo del recurso agua entre los habitantes de Lerma y San Mateo Atenco.

Resulta evidente que el control y manejo del agua en México ha dejado de ser exclusivo del Estado por la injerencia de acuerdos y normas internacionales en fomento al desarrollo donde empieza a tener mayor injerencia la iniciativa privada. Con mayor frecuencia, el agua pasa a ser administrada por particulares, gracias a la descentralización de los municipios. Los municipios poseen mayores atribuciones y libertades para permitir y asignar el manejo del agua a la iniciativa privada. Es importante destacar que, durante la revisión de las normatividades, no se encontraron documentos que establezcan límites para la extracción del agua en los acuíferos, pese al riesgo de escasez que esto implica; sólo ha sido propuesta una ley para su gestión y regulación.

Se concluye que, a pesar de su existencia, las normatividades no han ejercido el impacto esperado, a lo que se suma la falta de coordinación entre las instituciones de gobierno con los comités locales de los municipios de Lerma y San Mateo Atenco, que limitan su cooperación mutua a solamente brindar ayuda y soporte técnico para la construcción o mantenimiento de la infraestructura hidráulica, pero no a la distribución y a la satisfacción de la demanda de agua entre los pobladores.

Capítulo 4. Demanda y disponibilidad del agua potable en Lerma y San Mateo Atenco

En las siguientes páginas serán mostradas las condiciones sociales, económicas, ambientales y territoriales de los municipios de Lerma y San Mateo Atenco bajo el contexto de la demanda y disponibilidad del agua potable.

Para ello fue aplicada la propuesta metodológica desglosada en el capítulo 2, la cual se dividió en tres partes: en la primera, se describe el estado del agua en dichos municipios; en la segunda, se identifica la vulnerabilidad de los mismos con respecto de la disponibilidad de agua; y en la tercera, se aprecia su demanda de acuerdo con los tres tipos de sectores tomados en cuenta para esta evaluación: agrícola, industrial y urbano.

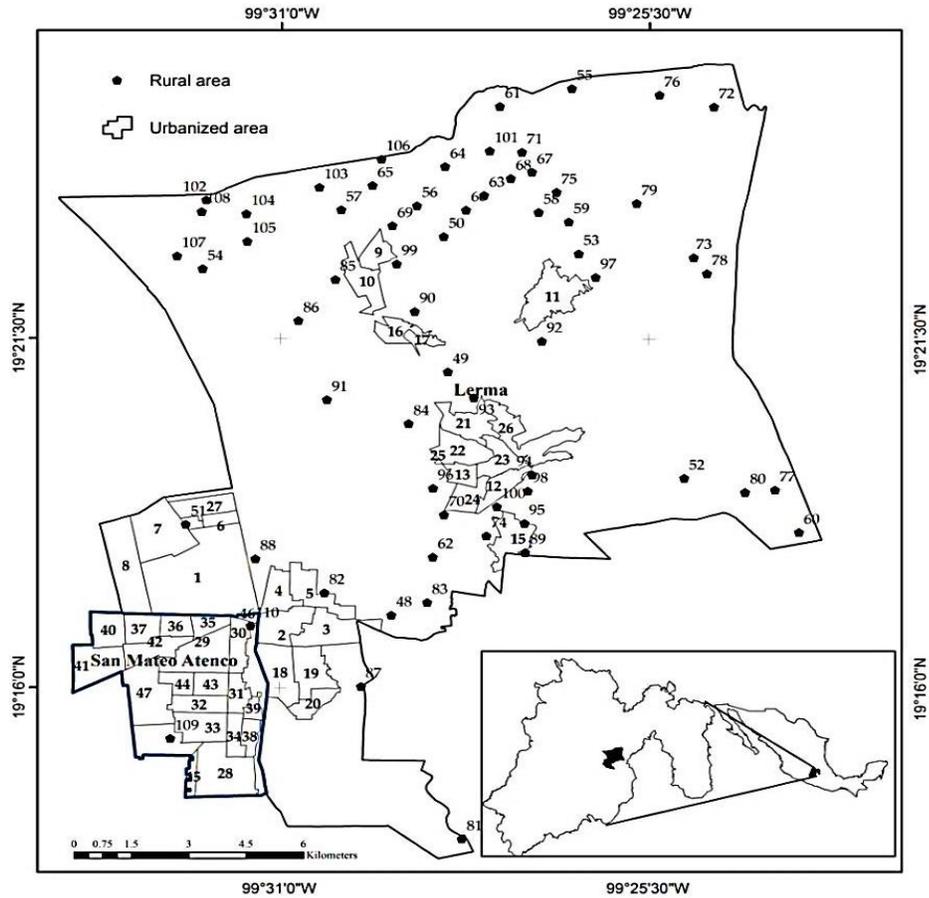
4.1. Caracterización de los casos de estudio

Los municipios de Lerma y San Mateo Atenco forman parte de la Zona Metropolitana del Valle de Toluca, que cuenta con una población total de 2 152 150 habitantes (COESPO, 2014), de los cuales, 7.32% se ubican en Lerma y 3.67% en San Mateo Atenco.

Ambos municipios se encuentran ubicados en la cuenca alta del río Lerma y presentan altas concentraciones de industrias pertenecientes a diversas áreas de la producción. Forman parte del territorio conocido como Sistema Neovolcánico Transversal, a una altitud media de 2 570 metros. El terreno sobre el que se erige San Mateo Atenco es apto para la urbanización en un 70%, exceptuando las zonas aledañas a las márgenes del río Lerma, que son altamente susceptibles a inundarse en épocas de lluvias (GEM, 2016). Lerma se encuentra localizado sobre terrenos muy irregulares –entre cadenas montañosas, sierras, valles, cerros y barrancas–, y la mayor parte de su población se encuentra asentada alrededor del histórico Monte de Las Cruces (GEM, 2013). Es imperante señalar que los municipios se ubican sobre las Ciénegas Chimaliapan y Chignahupan lo que los hace vulnerables a inundaciones en temporadas de lluvias.

La figura 12 presenta la relación del total de AGEBs existentes en Lerma y San Mateo Atenco; el anexo 4 muestra los nombres correspondientes para una más fácil identificación de cada lugar.

Figura 12. Área de estudio, Lerma y San Mateo Atenco



Fuente: elaboración propia con base en INEGI (2010b)

En esta figura, los AGEBS urbanos comprenden los números del 1 al 46, de los cuales a Lerma le corresponden del 1 al 26 y a San Mateo Atenco del 27 al 46. En cuanto a las áreas rurales, a Lerma le corresponden del 47 al 107, mientras que las tres últimas –108, 109 y 110– corresponden a San Mateo Atenco, esta figura tiene correspondencia con el anexo 4 que contiene los nombres de cada lugar con base al número.

4.1.1. Aspectos socio-territoriales

Lerma tiene una superficie de 23 258 760 hectáreas distribuidas para distintos usos de suelo: uso agrícola (58.62%), zona urbana (11.85%), bosques (22.7%) y pastizales (4.63%). Con respecto de la zona urbana, a ella se adhiere el tipo de uso industrial con 3.41% del territorio total; y los cuerpos de agua, que cubren el 3.13% de la superficie del municipio (INEGI, 2009).

San Mateo Atenco posee una superficie de 1 876 000 hectáreas que se distribuyen de la siguiente manera: uso agrícola (14.49%), zona urbana (76.06%), pastizales (3.0%) y otros (0.33%) (INEGI, 2009a).

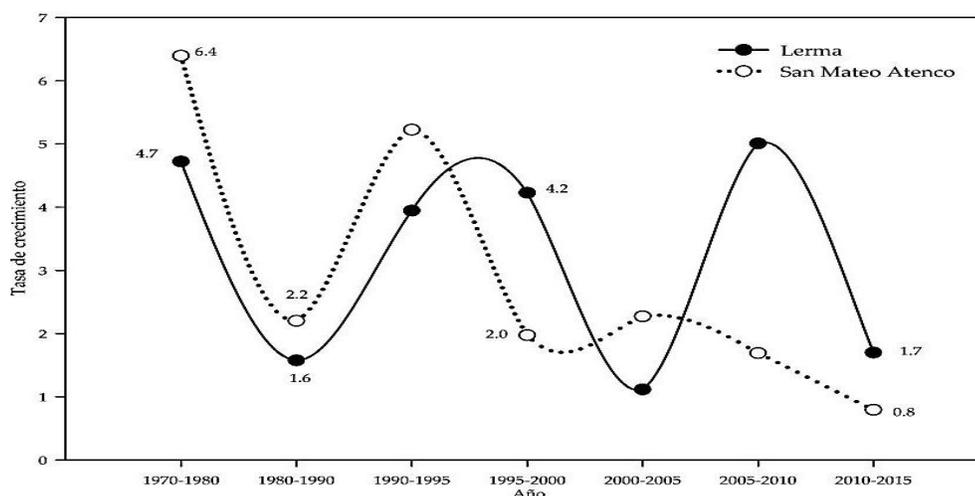
Estos datos evidencian el incremento de las zonas urbanas y áreas agrícolas que, con el paso del tiempo, terminan por ser urbanizadas, demuestran la pérdida de espacios destinados a bosques, pastizales y cuerpos de agua.

Como se observó en el capítulo previo, el *Ordenamiento Ecológico* tiene como objetivo establecer los patrones de ocupación del territorio para maximizar el nivel de consenso y reducir los conflictos entre los diversos sectores sociales y las autoridades (GEM, 2011a).

4.1.2. Características socio-demográficas

El acelerado incremento de la población en Lerma y San Mateo Atenco comenzó a desarrollarse a partir de 1940, debido a la instalación del acueducto que hoy se conoce como el alto Lerma. La cuenca hidrológica significó una solución para suministrar con el recurso a la Ciudad de México ante el creciente desabasto provocado por el desecamiento del subsuelo. El proyecto de perforación de pozos a lo largo de la cuenca para extraer el agua de sus manantiales no sólo representa uno de los más importantes llevados a cabo en los últimos cincuenta años; también se erige como uno de los más perjudiciales para la ecología del Valle de Toluca (Mora, 2016). En la gráfica 1 se muestran las tasas de crecimiento media anual de la población en ambos municipios.

Gráfica 1. Tasa de crecimiento promedio anual de la población en Lerma y San Mateo Atenco, 1970-2015



Fuente: elaboración propia con base en Censos y Conteos de Población y Vivienda (INEGI)

Entre 1970 y 1980, la población tuvo un incremento de 58.62% en Lerma y 85.88% en San Mateo Atenco, debido al crecimiento industrial en la zona limítrofe entre ambos municipios. La tasa promedio anual de crecimiento entre esos años fue de 4.7 y 6.4 por cada 100 personas, respectivamente.

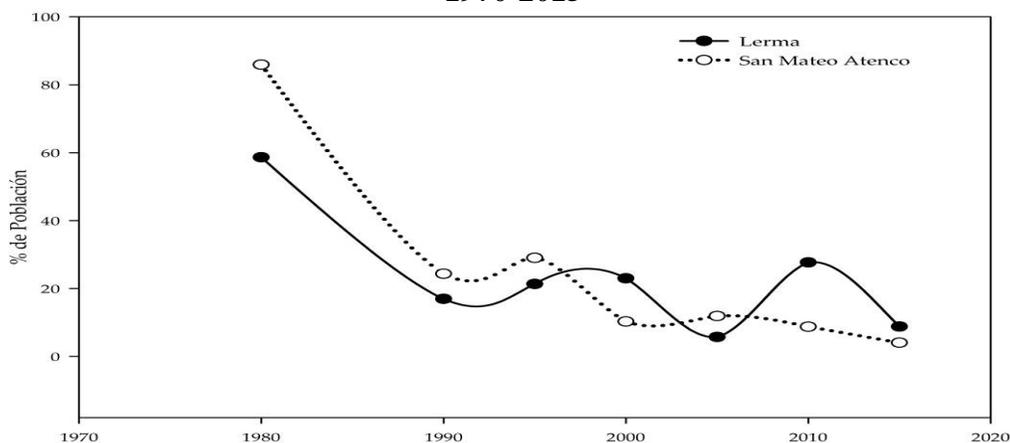
A partir del año 2000, se presentó una disminución de la población en ambos municipios. San Mateo Atenco ha mantenido tasas a la baja, de 2.3% en 2000, hasta 0.8% en 2015; Lerma, por su parte, experimentó tendencias altas y bajas de crecimiento, pasó, de 4.2% en 2000 a 1.1% en 2005, pero en 2010 presentó un nuevo crecimiento de 5.0%, y una disminución drástica de 1.7% en 2015. El aumento o disminución de las tasas son provocados por el flujo migratorio ante las condiciones rurales que prevalecen en la mayor parte del municipio, pues las personas buscan nuevas oportunidades de desarrollo fuera de él.

I. Crecimiento histórico de la población, 1970-2015

Históricamente, la población de estos municipios se ha incrementado, entre otros factores, gracias a los avances tecnológicos en el campo de la salud y la medicina, ya que la implementación de tratamientos innovadores favorece la longevidad de las personas. Se debe, también, al constante flujo migratorio proveniente de la Ciudad de México y

entidades aledañas, atraído por fuentes de empleo y disponibilidad de suelo para la construcción de viviendas. La accesibilidad de los municipios, ubicados entre la capital del Estado de México y la del país, es otro factor que juega un papel importante respecto del crecimiento de sus poblaciones.

Gráfica 2. Crecimiento poblacional en los municipios de Lerma y San Mateo Atenco, 1970-2015



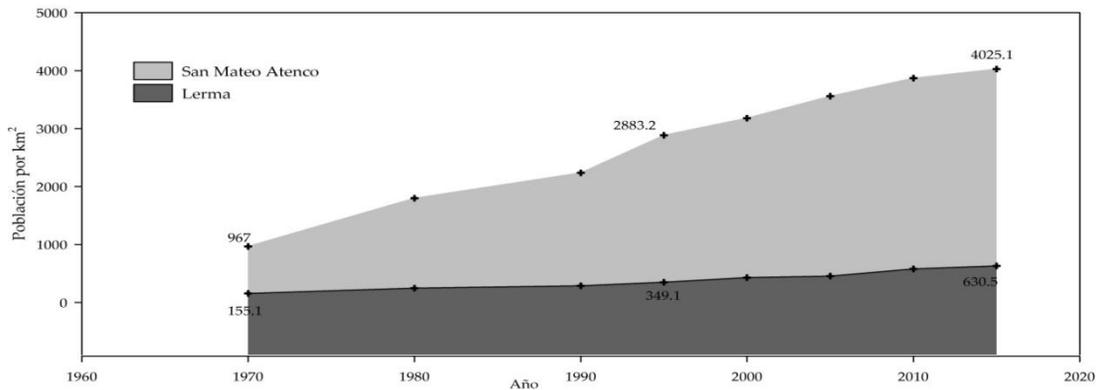
Fuente: elaboración propia con base en Censos y Conteos de Población y Vivienda (INEGI)

En la gráfica anterior se muestran los porcentajes de crecimiento de población para ambos municipios. De 1970 a 1980, Lerma tuvo un crecimiento de 58.62% y San Mateo Atenco de 85.88%; después de 1990 han mantenido un ritmo lento de crecimiento. Lerma tuvo el más bajo en el 2005 con 5.71%, mientras que San Mateo Atenco lo tuvo en el 2015, con 4%. Pese a que ambos municipios presentan lentos procesos de crecimiento, su desarrollo sigue en marcha; 70% de las familias de San Mateo Atenco se dedican a la producción de calzado (Diana, 2016), y en Lerma destaca la industria manufacturera de distintas ramas.

II. Densidad de la población municipal

Con respecto de la densidad de población municipal por km², destaca la alta concentración en algunas áreas, generalmente asociadas con el grado de urbanización. La población aumentó, al igual que las áreas habitables; los dos municipios no son la excepción y presentan las siguientes características con base en la concentración de población municipal por densidad en kilómetros cuadrados, desde 1970 hasta el 2015.

Gráfica 3. Densidad de población por km² en Lerma y San Mateo Atenco, 1970-2015



Fuente: elaboración propia con base en Censos y Conteos de Población y Vivienda (INEGI)

La densidad de población por km² en ambos municipios presenta diferencias notorias; esto se debe al desarrollo que cada uno experimenta, pero a un ritmo distinto del otro, además de la extensión territorial. Lerma cuenta con una mayor superficie territorial, por lo que la densidad de población se muestra más dispersa; San Mateo Atenco cuenta con menor superficie, lo que ha obligado a la concentración de la población y presentado un nivel más amplio de urbanización, dada su cercanía con las ciudades de Toluca, Metepec y con el Aeropuerto Internacional de Toluca.

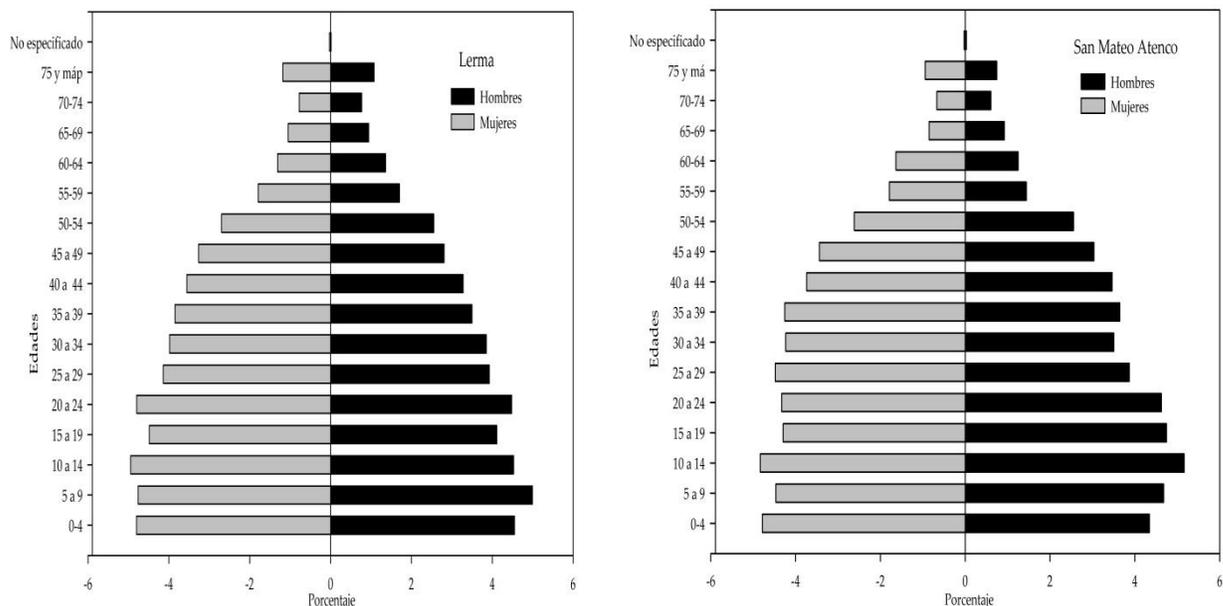
Actualmente, Lerma presenta un proceso acelerado de urbanización y crecimiento de la densidad de su población debido a la construcción del Tren Interurbano México-Toluca, lo que generará un impacto positivo sobre el municipio a mediano y largo plazos. Dada la problemática de San Mateo Atenco al no contar con más superficie territorial dónde construir, es probable que parte de su población se traslade a Lerma, lo que generará un aumento en la construcción de viviendas y la consiguiente demanda de bienes y servicios, como el del agua.

III. Distribución de la población por edad

La edad es un factor determinante para el consumo de agua. La Organización Mundial de la Salud contempla los siguientes rangos de edad en consideración con las actividades que se realizan: de 5 a 17 años, actividades deportivas, recreativas y comunitarias de niños y jóvenes; de 18 a 64 años, actividades ocupacionales, trabajo, tareas domésticas, actividades

comunitarias y deportivas de adultos; y de 65 años en adelante, trabajo y actividades domésticas, recreativas y deportivas de adultos mayores (OMS, 2010).

Gráfica 4. Porcentaje de la población por edad en Lerma y San Mateo Atenco, 2015

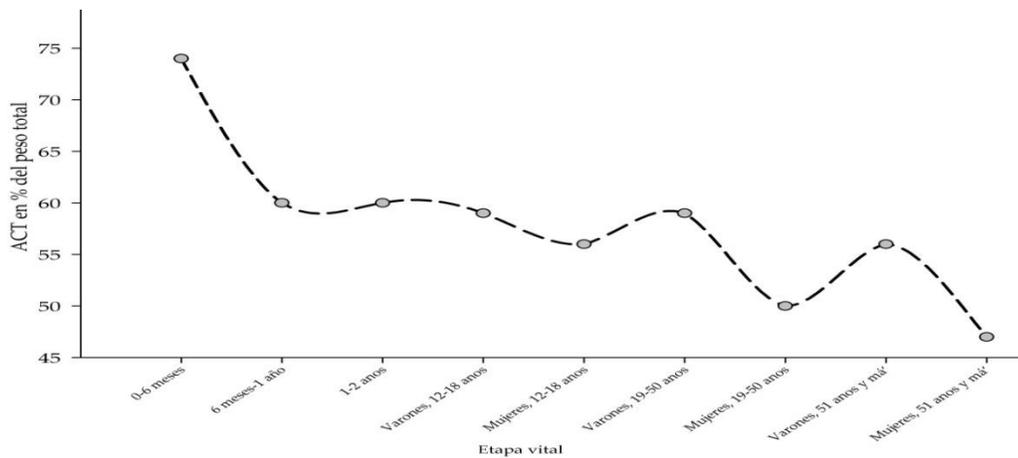


Fuente: elaboración propia con base en (INEGI, 2015)

Las pirámides correspondientes a cada municipio presentan condiciones similares, ya que los grupos de edad más numerosos se concentran en el rango que va de 10 a 54 años. Esto indica que la población se vuelve cada vez más madura, o dicho de otro modo, la juventud se hace cada vez más escasa, por lo que los bienes y servicios requeridos también serán cada vez mayores.

Respecto de la relación existente entre la edad y el consumo de agua, Martínez (2008) involucra el empleo del agua corporal total (ACT) como unidad para medir el porcentaje del peso corporal total a distintas edades y con las variaciones que el sexo implica. Clínicamente, se trata del nivel de consumo adecuado para el organismo y prevenir la deshidratación. Los datos que proporciona se presentan en la gráfica 5.

Gráfica 5. Agua corporal total (ACT) como porcentaje del peso corporal total



Fuente: (Martínez , et al., 2008)

Según este estudio, el peso corporal de agua disminuye conforme la edad avanza. Durante los primeros seis meses de vida, el peso corporal de agua alcanza 74%; posteriormente, desde los seis meses hasta los dos años, el peso corporal de agua alcanza 60%, indistintamente si se trata de varones o mujeres. La autora no menciona el peso entre las edades que van de los 3 a los 12 años, pero desde los 12 hasta los 50 años, el peso corporal de agua se mantiene en 59% en varones y 56% en mujeres.

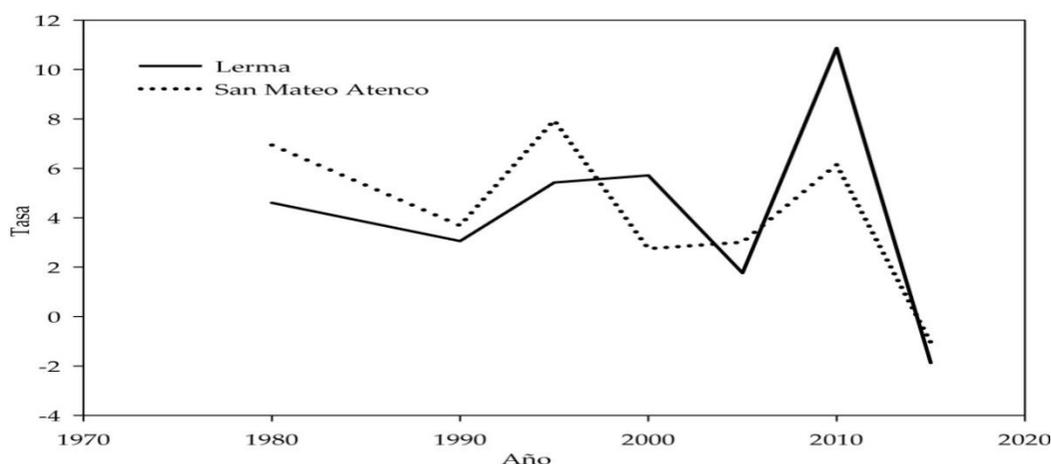
Si bien, es cierto que el consumo de agua de una persona disminuye con la edad, por el contrario, es debido al incremento de la población que el porcentaje de agua requerida va en aumento. Y pese a la disminución en el consumo del agua corporal, el mismo no se refleja en la disponibilidad de agua requerida por el aumento de la población.

4.1.3. Consideraciones generales de la vivienda municipal

IV. Aumento de la vivienda, 1970-2015

La importancia de hacer mención del aspecto de la vivienda se debe a que es utilizada como una variable para lograr el objetivo de este estudio. Al describir su crecimiento en los dos municipios, permitirá conocer las condiciones de desarrollo social, así como el panorama general de las transformaciones que sufre el territorio durante el proceso de expansión urbana.

Gráfica 6. Tasa de incremento de viviendas en Lerma y San Mateo Atenco, 1970-2010



Fuente: elaboración propia con base en Censos y Conteos de Población y Vivienda (INEGI)

Hasta 2010, la construcción de viviendas se ha incrementado en ambos municipios con respecto de cada periodo censal; esto se debe, principalmente, a las fuentes de empleo que favorecen el desarrollo industrial de la zona y la facilidad de acceso a ellos (Carretera Federal México-Toluca, Vía Solidaridad-Las Torres, y la línea ferroviaria México-Toluca).

El desarrollo de la vivienda en ambos municipios ocurre de forma similar. De acuerdo con Mora (2016), a principios de 1960 fueron instaladas las primeras industrias de lo que hoy se conoce como el Parque Industrial Lerma, creando fuentes de trabajo para los habitantes de la ciudad de Lerma y sus alrededores y acelerando el crecimiento de la población. Hacia fines de 1960 habían instaladas 19 fábricas; en la actualidad hay más de 450.

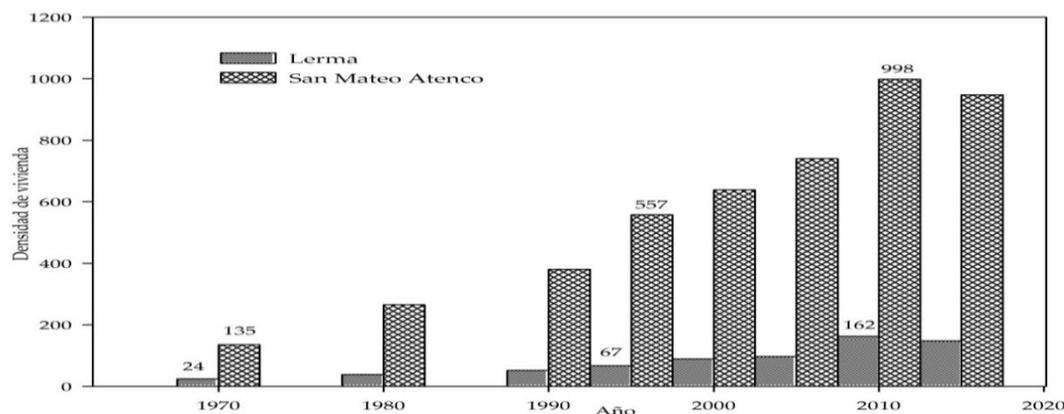
Entre 1970 y 1980 el número de viviendas se incrementó con una tasa de crecimiento anual de 3.05% en Lerma y 3.68% en San Mateo Atenco. Luego, de 1980 a 1990, la construcción decreció, pero los descensos más drásticos se observaron a partir de 2000 y hasta 2005, con tasas de incremento anual de apenas 1% y 1.5%, respectivamente. Sin embargo, entre 2005 y 2010 comenzó un nuevo ascenso, con tasas de 3% en San Mateo Atenco y 5.5% en Lerma. Es preciso señalar que el incremento de viviendas en este municipio se debe a la disponibilidad de suelo para los procesos de urbanización, caso contrario al de San Mateo Atenco, cuya extensión se encuentra urbanizada prácticamente en su totalidad.

A partir del 2015, es posible apreciar una tasa de crecimiento negativa de -1.87% y -1.04% respectivamente. Este descenso en San Mateo Atenco es atribuido a las inundaciones y la baja disponibilidad de suelo; por su parte, en Lerma se ha iniciado un proceso que limita la construcción de viviendas por tratarse de un espacio de recarga natural para los acuíferos y fuente de agua para la Ciudad de México.

V. Densidad de viviendas por km²

Las viviendas construidas en los municipios denotan la disponibilidad del suelo, que está determinado por el costo y se refleja en la densidad de viviendas por km². Influyen, además, factores como la accesibilidad, la cercanía con las fuentes de empleo y la disponibilidad de bienes y servicios, y condicionan las diferencias sociales, así como el hacinamiento de la población.

Gráfica 7. Densidad de viviendas por km² en Lerma y San Mateo Atenco, 1970-2015



Fuente: elaboración propia con base en Censos y Conteos de Población y Vivienda (INEGI)

En 1970 la densidad de viviendas en San Mateo Atenco era de 135 viviendas por km², mientras que Lerma contaba apenas con 24. Para el año 2000, y pese a tener un ritmo de crecimiento lento, la densidad en Lerma aumentó a 88 y en San Mateo Atenco a 638. En 2015 se presentó una disminución debido a que la población comenzó a buscar nuevas oportunidades de empleo en lugares menos densamente poblados.

En 2015, Lerma arrojó un total de 147 viviendas por km² y San Mateo Atenco, de 947, en comparación con el año 2010, en el que había 162 y 998, respectivamente. Este descenso tiene relación con la demanda y disponibilidad del servicio de agua potable, que serán ampliadas en las páginas siguientes.

4.2. Proyección de la demanda de agua municipal

Del total del agua extraída por los dos municipios, Lerma demanda 86.66% y San Mateo Atenco, 13.22%, mientras que el agua destinada a la Ciudad de México alcanza 0.12%. Estos porcentajes fueron determinados a partir de la extracción de 31 pozos, de un total de 398 que se encuentran ubicados en Lerma. De esos 398 pozos, 70% del agua extraída le corresponde al Valle de Toluca, y el 30% restante es destinada a los municipios de Ixtlahuaca y Atlacomulco (UNAM, 2009). La demanda de agua de cada municipio, así como la proyección del crecimiento de su población, que va de 2015 a 2050, son mostradas en la tabla 12.

Para realizar dichas proyecciones (tabla 10) fue tomado como soporte el método geométrico (Tutoriales, 2013) con base en el consumo de agua en Lerma y San Mateo Atenco. Para determinar la demanda de agua a futuro, se consideró la cantidad de agua requerida por una persona en relación con el tipo de clima predominante en cada municipio. El clima en Lerma es predominante templado subhúmedo y el consumo de agua promedio de 208 l/hab/día (GEM, 2013); San Mateo Atenco presenta un clima templado semicálido y subhúmedo y el consumo de agua es de 166 l/hab/día (GEM, 2016).

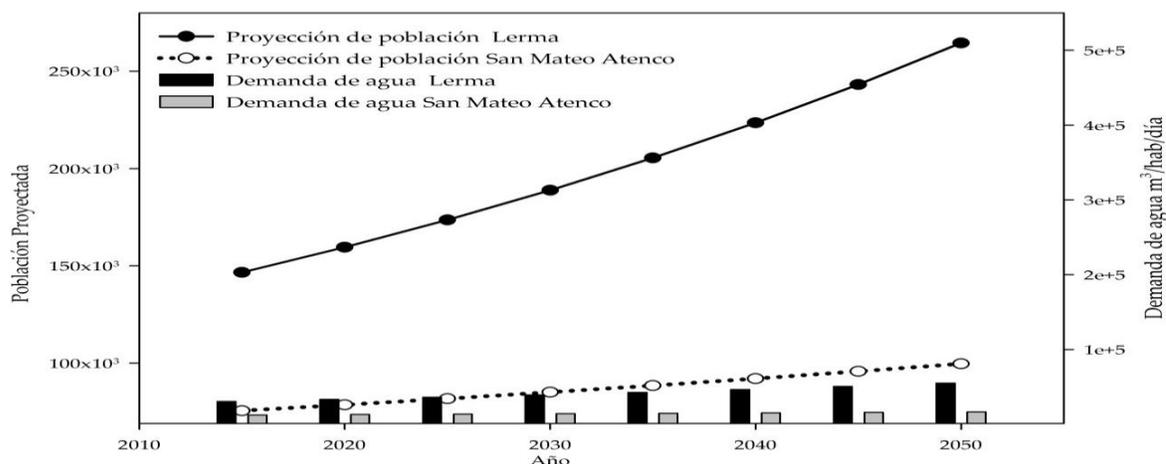
Tabla 10. Proyección y demanda de agua m³/hab/día, 2015-2050

Año	Lerma		San Mateo Atenco	
	Proyección de población	Demanda de agua	Proyección de población	Demanda de agua
2015	146 654	30 504	75 511	12 534
2020	159 552	33 186	78 561	13 041
2025	173 583	36 105	81 735	13 568
2030	188 849	39 280	85 037	14 116
2035	205 458	42 735	88 472	14 686
2040	223 527	46 493	92 046	15 279
2045	243 185	50 582	95 765	15 896
2050	264 572	55 031	99 633	16 539

Fuente: elaboración propia con base en (INEGI, 2015)

La demanda de agua de cada municipio se calculó con base en el consumo y se multiplicó por el número de la población proyectada. El aumento de la población está acompañado por el consumo de agua, la cobertura del servicio y la excavación y construcción de nuevos pozos para mantener el suministro acorde con la demanda. La construcción de pozos significa tan sólo una medida para la conservación del agua, pero no se han presentado o propuesto ningún otro tipo de medidas para preservar y disponer del recurso.

Gráfica 8. Demanda de agua proyectada 2015-2050, Lerma y San Mateo Atenco



Fuente: elaboración propia

En Lerma y San Mateo Atenco, la demanda de agua por habitante es de 0.208 y 0.166 m³/hab/día, respectivamente. Tan sólo estos dos municipios rebasaron la disponibilidad natural/año de la cuenca Lerma-Santiago con 1 451 m³/año por cada habitante en 2015 (CONAGUA, 2016), y las proyecciones de población hacia el 2050 sobrepasan por mucho la disponibilidad natural del recurso. La cuenca posee una disponibilidad de agua de 35 080 hm³/año (CONAGUA, 2015).

Es pertinente mencionar que la escasez del agua obedece, principalmente, a una cuestión económica, pues gracias a la falta de inversión en el mantenimiento de las redes de distribución y al crecimiento exponencial de la población, han sido ocupados terrenos de recuperación y reserva natural, provocando la rápida desecación de las ciénagas de Lerma. La figura 13 presenta el proceso de crecimiento urbano en la zona de San Pedro Tultepec, Lerma, sobre el espacio que ocupaban las ciénagas.

Figura 13. Ocupación en las ciénagas de Lerma



Fuente: fotografías tomadas en campo; 2017/01/21

Esta problemática es compartida por el municipio de San Mateo Atenco (ver figura 14).

Figura 14. Ocupación en las ciénagas de San Mateo Atenco



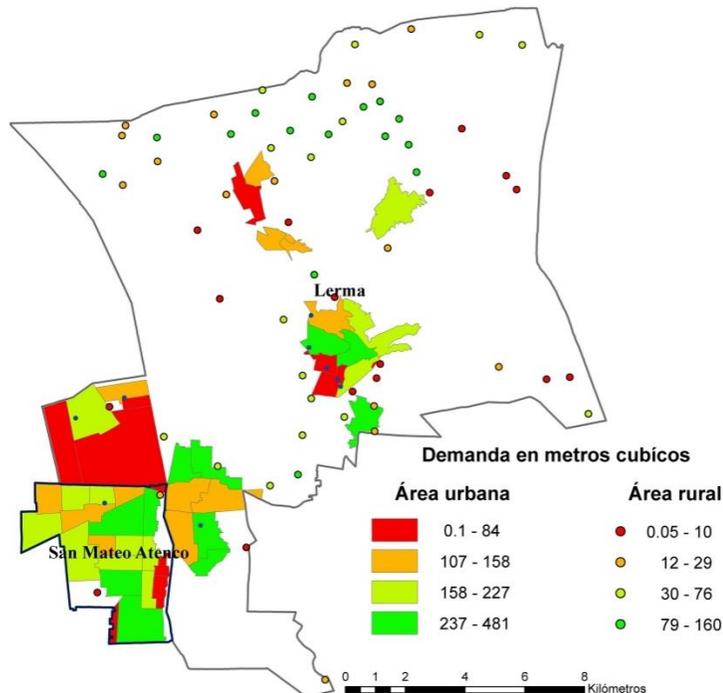
Fuente: fotografías tomadas en campo; 2017/03/19

Los procesos urbanos en los dos municipios provocaron la invasión progresiva de las áreas de las ciénagas para destinar esos terrenos al uso agrícola, pero en años recientes sufrieron severas inundaciones y, actualmente, han comenzado a secarse y la variabilidad del clima ha impedido su recuperación.

4.2.1. Demanda de agua en Lerma y San Mateo Atenco

El cálculo referente a la demanda de agua en cada AGEB municipal en Lerma y San Mateo Atenco fue realizado a partir de la medición del consumo mínimo recomendado por la OMS (2016), que es de 50l/hab/día (ver figura 15). En la demanda del agua influyen factores como la condición social, la población ocupada y su nivel de ingresos económicos (corresponde a quienes pueden pagar por el servicio o adquirir recipientes de agua en tiendas).

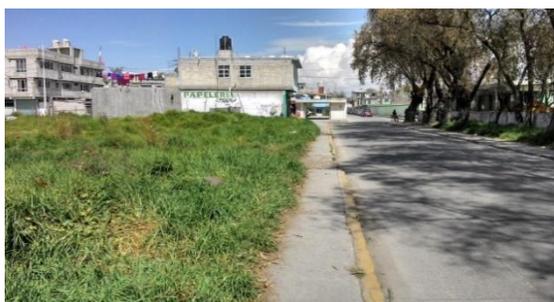
Figura 15. Demanda diaria de agua (m³) por AGEB en Lerma y San Mateo Atenco, 2010



Fuente: elaboración propia con base en INEGI (2010)

La figura 15 expone el consumo de agua en áreas rurales y urbanas. La colorimetría representa la demanda de agua según la cantidad. La mayor demanda se concentra en zonas urbanas, que va de 237 a 461 m³, y en las rurales, de 79 a 160 m³ diarios. Los polígonos en color rojo representan las áreas con menor demanda, que coincide con una mayor concentración de naves industriales en el territorio de Lerma. Las diferencias en las cantidades de agua demandadas están determinadas por la cobertura de la infraestructura del servicio, por los niveles de concentración de la población y por las condiciones socio-económicas que brindan o restringen el acceso a condiciones aceptables de bienestar (ver figura 16).

Figura 16. Concentración de viviendas



Fuente: condiciones de la vivienda en San Mateo Atenco; 01-11-2016



Fuente: condiciones de la vivienda en Lerma de Villada; 02-11-2016

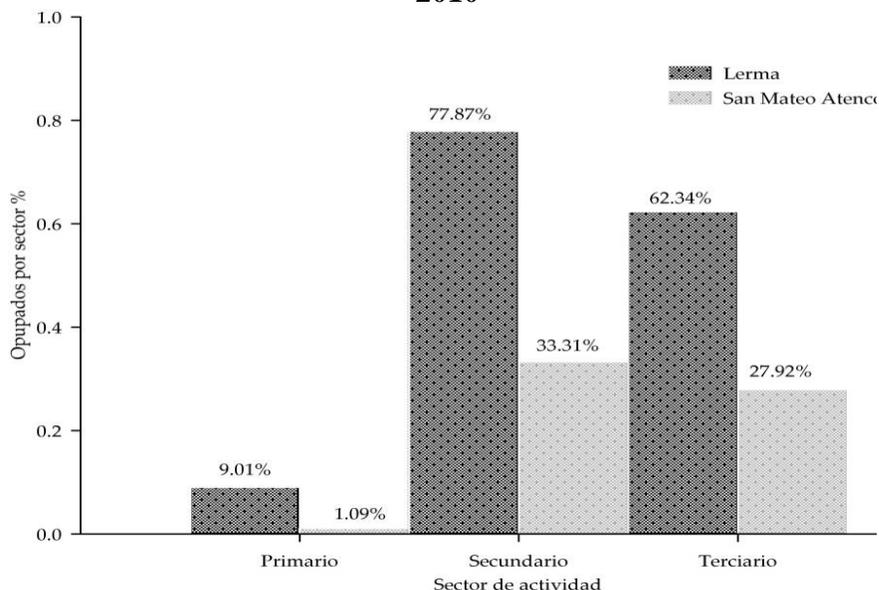
La distribución del agua es desigual de acuerdo con las condiciones socio-económicas prevaletentes en cada sector social, como se observa en las fotografías. La FAO (2013), además de la carencia de inversión económica para preservar el agua, señala que parte de la problemática se debe a la falta de capacidad humana para satisfacer la demanda, pues, en ocasiones, incluso cuando ciertos sectores de la población poseen los recursos económicos suficientes para pagar por el servicio, y a que la infraestructura se encuentre en buenas condiciones, la distribución del agua es dada de forma desigual o irregular a causa de las deficiencias e incapacidades humanas dentro de los organismos de control y manejo municipales.

I. Población ocupada y no ocupada en Lerma y San Mateo Atenco

Las características económicas de estos municipios son distintas entre sí. Por un lado, Lerma presenta grandes concentraciones industriales; según el DENU (2017), cuenta con 897 industrias de manufactura de distintas ramas y con 2 949 de comercio al por menor. En contraste, San Mateo Atenco cuenta con 577 industrias manufactureras –principalmente de calzado– y con 3 784 de comercio al por menor. En San Mateo Atenco los productores de zapato constituyeron una industria de talleres a domicilio (Arzate, 2011).

Lerma tiene una población ocupada de 49 546 y San Mateo Atenco de 28 009 habitantes (INEGI, 2010). Los sectores de actividad de la población ocupada se muestran en la gráfica 9, resaltando especialmente tres de ellos: agrícola (primario), industrial (secundario) y de servicios (terciario).

Gráfica 9. Población ocupada por sector de actividad, Lerma y San Mateo Atenco, 2010



Fuente: elaboración propia con base en (INEGI, 2010)

La gráfica 9 compara no sólo refleja la cantidad de habitantes de cada municipio y el dominio que un sector de actividades ejerce sobre los otros, también las cantidades de agua requeridas para mantener a cada uno de ellos. La población ocupada en Lerma y San Mateo Atenco sólo representa 9% y 1% de la demanda, respectivamente. En el caso de la actividad

industrial, Lerma demanda 77.87% y San Mateo 33.81%; y en el de los bienes y servicios, 62.34% y 27.92%, respectivamente.

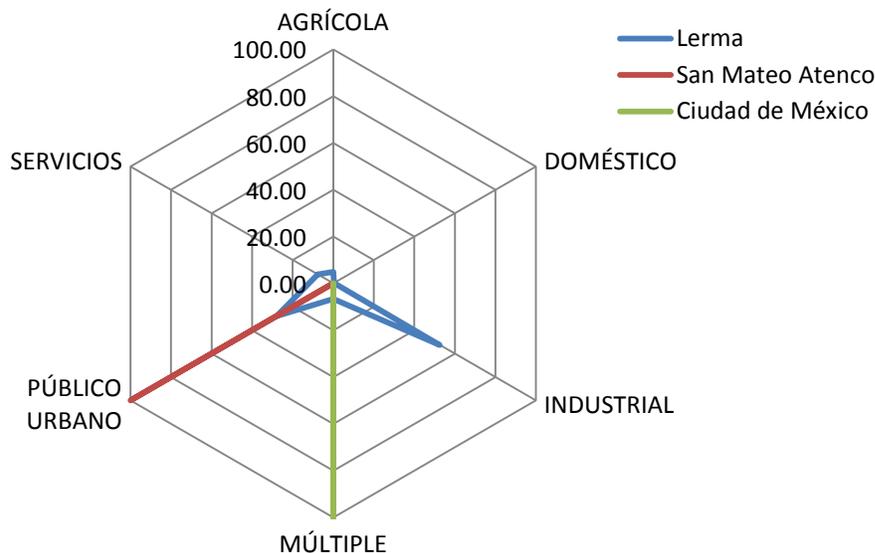
En relación con los ingresos, el *Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo* propone un umbral del 3% del ingreso familiar para acceder al agua (PNUD, 2015). Por su parte, la Comisión Nacional de los Salarios Mínimos de México (CONASAMI, 2016), de acuerdo con el salario mínimo vigente para el 2017 (80.04 pesos diarios) toma como referencia el 3% del salario mínimo, por lo que cada familia habría de destinar 2.40 pesos para tener acceso al agua. Aunado a lo anterior, el índice de Niveles Socio Económicos (NSE, 2017), que segmenta los hogares por su grado de bienestar patrimonial en consideración de la infraestructura sanitaria mínima de las viviendas; pero existe un segmento que muestra una menor calidad de vida y se caracteriza por haber alcanzado una propiedad carente de alguno o varios servicios básicos (NSE-AMAI, 2017).

II. Demanda de agua por sector de actividad

El agua utilizada por las zonas urbanas y rurales aledañas a la cuenca del alto Lerma corresponde en 55.81% al acceso público y 44.19% es destinada al Valle de México, incluida la capital del país (ISUU, 2002). A nivel municipal, el sector primario consume 77% del agua para riego de los cultivos, seguido del secundario con 14% para usos públicos, entre los que se cuentan la oferta y adquisición de los bienes y servicios, y, finalmente, 4% para el sector industrial (INEGI, 2008).

La principal fuente de agua para los municipios de Lerma y San Mateo Atenco se halla en los mantos acuíferos; como consecuencia de esto, la zona donde se ubican presenta un grado de presión alto, 43.6% sobre el recurso hídrico (CONAGUA, 2015). La gráfica 10 muestra la demanda de agua por sector de actividad en ambos municipios y la Ciudad de México; el uso que se hace de ella corresponde al volumen total del recurso extraído de Lerma, pero se hace la separación debido a la importancia que representa.

Gráfica 10. Porcentajes de utilización del agua (m³/día) por sector de actividad, Lerma y San Mateo Atenco



Fuente: elaboración propia con base en CONAGUA (2017)

El uso múltiple en la demanda de agua por sector de actividad que se muestra en la gráfica 10, corresponde a 11 248 295.8 m³/día, es decir, 6.56%, del agua extraída en el municipio de Lerma, de la que 2% es enviada a la Ciudad de México. Por su relevancia fue graficado por separado para realizar una comparación entre los dos municipios, y aunque Lerma destina su agua para todos los sectores de actividad, lo hace en menor porcentaje: uso doméstico, 0.39%; uso agrícola, 4.90%; servicios, 7.64%; uso urbano, 27.90%; uso industrial, 52.60%.

Con respecto de San Mateo Atenco (1 714 047.9 m³/día), 99.96% del agua es destinada para el uso urbano, ya que en este municipio el proceso de urbanización se ha intensificado, dejando de lado las actividades agrícolas; y aunque se dedica a la industria del calzado, no resulta de gran relevancia para el uso del agua.

La demanda de agua en Lerma y San Mateo Atenco ha generado una crisis de escasez, ya que la disponibilidad natural fue superada por el incremento de usuarios, provocando un déficit de 57 millones de m³, y para equilibrar la demanda, se ha recurrido a la construcción de más pozos en distintos puntos de sus territorios.

4.2.2. Infraestructura hidráulica municipal

El estado y mantenimiento de la infraestructura juega un papel vital para dotar de agua a los habitantes de los municipios. En el caso de Lerma, 1.46% del agua proviene de fuentes superficiales (ríos, arroyos, lagos), mientras la restante 98.54% es extraída de los acuíferos del Valle de Toluca, situación que ha afectado seriamente la laguna de Chignahuapan (GEM, 2013), donde se encuentran localizados ambos municipios. Debido a los niveles de extracción, las fuentes de agua se agotan cada vez más, a lo que se debe sumar la contaminación generada por los procesos urbanos que, a su vez, ocupan mayores extensiones de tierras que antes funcionaron como áreas naturales de reserva.

La demanda de agua en Lerma se distribuye de la siguiente manera: las áreas rurales demandan $0.177\text{m}^3/\text{hab}/\text{día}$ en promedio, seguida de las áreas urbanas de carácter popular con $0.2\text{m}^3/\text{hab}/\text{día}$, mientras que el área de mayor demanda corresponde a las zonas residenciales con $0.248\text{m}^3/\text{hab}/\text{día}$ (GEM, 2013). La demanda de agua es diferencial debido al uso y condiciones de accesibilidad a las fuentes de abastecimiento y a los niveles de concentración de la población. Las figuras 17 y 18 muestran parte de la infraestructura hidráulica para el suministro de agua en viviendas y zona industrial de Lerma.

Figura 17. Filtros de agua, Lerma



Figura 18. Pozo en zona industrial, Lerma



Fuente: Fotografías tomadas en campo, Lerma; 01-11-2016

La cabecera municipal de Lerma cuenta con filtros de agua debido a los altos niveles de contaminación que presentan los mantos acuíferos de la zona, ocasionados por su cercanía al río Lerma. Allí, la contaminación es el factor principal que pone en riesgo su disponibilidad.

San Mateo Atenco no cuenta con presas ni bordos. Allí, el abastecimiento de agua se realiza a partir del bombeo de 18 pozos profundos (de entre 75 y 300 metros) (verfigura 19), cuya calidad no reúne los requerimientos mínimos para hacerla potable. Según las disposiciones sanitarias, el agua para consumo humano debe ser extraída de profundidades no mayores a los 150 metros (GEM, 2009). Estos 18 pozos benefician a 55 403 personas, lo que se considera insuficiente, pues sólo 76.40% de ellas cuentan con el recurso y los pozos ya se encuentran sobreexplotados (GEM, 2016).

Figura 19. Pozos de agua en el Barrio de San Lucas, San Mateo Atenco



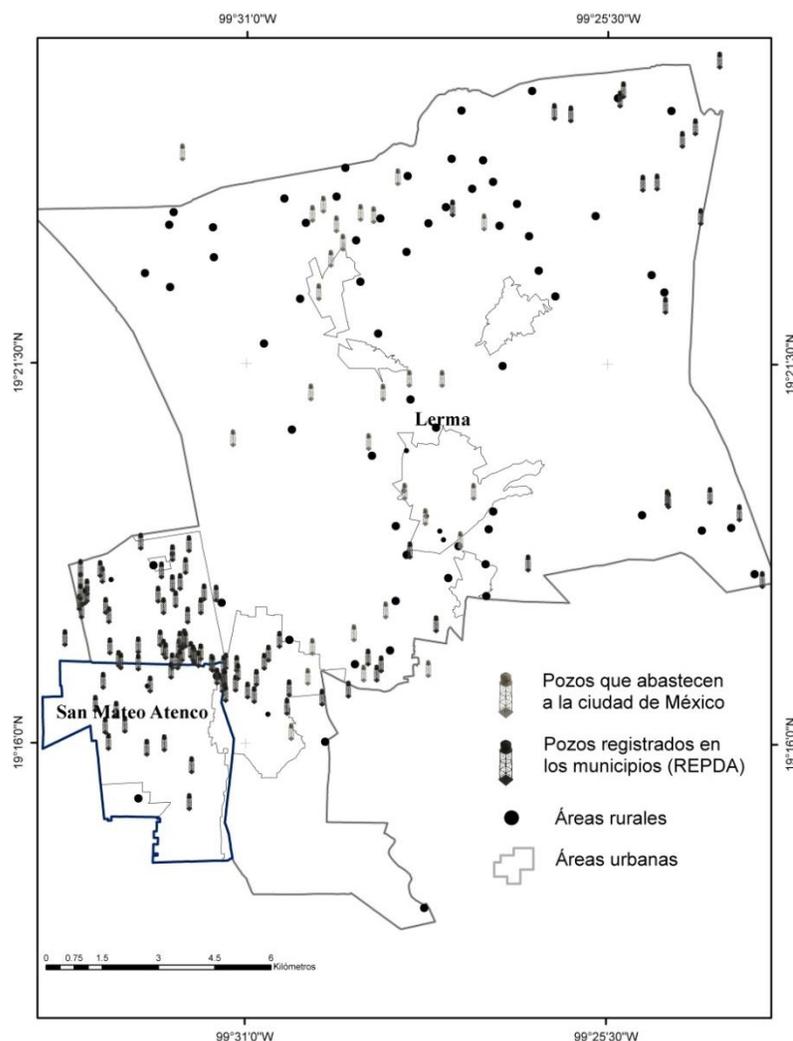
Fuente: Fotografías tomadas en campo, San Mateo Atenco; 02-07-2016

Continuando con el caso de San Mateo Atenco, de los 18 pozos de agua existentes, 9 de ellos son operados por OPDAPAS y el resto por los comités locales. La mayoría de los pozos operados por OPDAPAS tienen una profundidad de 300 m (GEM, 2013), mientras que los que son operados por los comités fluctúan entre los 70 y 160 m de profundidad (sólo uno alcanza una profundidad de 300 m, ubicado en el Barrio de Santa María). De lo anterior resulta que la demanda de agua es menor en comparación con la que reciben los pozos operados por OPDAPAS; la diferencia radica en la cantidad y niveles de concentración de la población beneficiada por su suministro.

Son 150 los pozos en ambos municipios (CONAGUA, 2017); de estos, 22.5% se localizan en San Mateo Atenco (15) y 77.5% en Lerma (104). La mayor concentración de pozos en Lerma obedece, en gran medida, a la demanda de agua por parte de las industrias, además de que varios de ellos fueron construidos para la extracción en beneficio de la Ciudad de México (31 pozos (32.24%) correspondientes al Sistema Lerma). Ningún pozo de San Mateo Atenco abastece a la capital del país.

En entrevista, el Ingeniero Raúl Maíz mencionó que el Sistema Lerma está conformado por un total de 398 pozos, sin embargo, sólo 250 se encuentran en funcionamiento. Existen 265 pozos que sirven al acueducto del Sistema Lerma y 91 de ellos son utilizados para el riego en las comunidades rurales del municipio. La figura 20 muestra los pozos del Sistema Lerma con base en el Registro Público de Derechos del Agua (REPDA).

Figura 20. Pozos en Lerma y San Mateo Atenco



Fuente: elaboración propia con base en CONAGUA (2017)

La concentración de pozos en Lerma y San Mateo Atenco responde a la demanda de agua por parte de las industrias ubicadas al pie de la Carretera Federal México-Toluca, y pese a

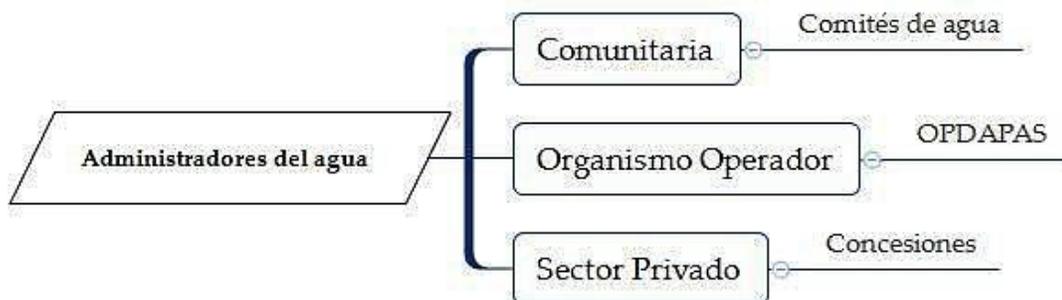
constituirse como zona de veda, se continúa extrayendo agua sin ninguna medida de restricción que favorezca la recuperación del acuífero. Por otra parte, el número de pozos construidos en ambos municipios indica que la fuente principal de abastecimiento es subterránea.

4.2.3. Administradores del agua

Gunderson (2006) menciona que para considerar a una sociedad como componente del desarrollo, ésta debe mostrarse abierta y flexible ante cambio, y para hacerlo habrán de implicarse todos los actores que la conforman, desde las agencias e instituciones gubernamentales, las asociaciones e intereses privados, hasta la misma población en su conjunto, pues todos deben influir en la creación e implementación de políticas enfocadas hacia la transformación.

Aunque en Lerma y San Mateo Atenco sólo están reconocidos como organismos oficiales de control y manejo del agua el Organismo Público Descentralizado de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento (OPDAPAS) y a un puñado de instituciones de carácter privado, también existen comités locales, en tanto que organismos independientes, que controlan y suministran el agua en comunidades rurales (ver figura 21).

Figura 21. Administradores del agua, Lerma y San Mateo Atenco



Fuente: elaboración propia con base en datos de gabinete

Estos comités mantienen una forma tradicional para el reparto del agua: a través de decisiones tomadas por la comunidad, barrios o secciones de las localidades y mediante

normas informales. Los comités son los encargados de vigilar las fuentes de agua, de dotar con el recurso a la población, del cobro y el mantenimiento de la red de distribución. Por lo tanto, posee autonomía para controlar el agua, principalmente en las comunidades rurales.

En Lerma, los comités han tomado la decisión de racionar el agua. Comunidades como Atarasquillo abastecen a sus pobladores mediante el tandeo, que consiste en el reparto de agua cada dos días; y en San Pedro Tultepec dotan el agua por calles. En San Mateo Atenco también se raciona el agua, sin embargo, recurren a otras medidas como el abastecimiento mediante pipas. Algunas viviendas cuentan con pozos tradicionales, y los comités realizan un proceso de intercambio por la vía de acuerdos con sus propietarios. Todos estos son ejemplo de las acciones ejecutadas debido al problema de desabasto y escasez que mantiene a los municipios dentro del umbral crítico.

4.3. Disponibilidad del agua en Lerma y San Mateo Atenco

Estos municipios están ubicados en la cuenca del Lerma y, pese a ello, son afectados por la disponibilidad del agua potable debido a la demanda del recurso por parte de la Ciudad de México. Aunado a esto, las condiciones naturales de sus territorios han sufrido cambios desfavorables como consecuencia de los procesos urbanos y de la contaminación. En las páginas siguientes se profundizará en estos aspectos.

4.3.1. Contexto histórico del agua en Lerma de Villada y San Mateo Atenco

Los grandes cambios y el impacto sobre las condiciones naturales en la cuenca del Alto Lerma comienzan a efectuarse desde 1942, a partir de la construcción de 60 km del acueducto que llevaría el agua de este municipio para uso doméstico e industrial de la Ciudad de México (Velasco, 2008). Además, la destrucción casi total del ecosistema lacustre a causa de la industrialización y consecuente urbanización –proceso que entró en una fase acelerada de desarrollo en la década de 1970– continúa en la actualidad.

La desecación gradual de las lagunas ha generado problemas sociales en relación con la posesión de los terrenos liberados por el agua. En 1957 y 1958, fueron fraccionadas

700 hectáreas y repartidas entre 800 campesinos de cinco municipios, Lerma y San Mateo Atenco entre ellos (Velasco, 2008). En Lerma, las tierras de riego disminuyeron de 134 a 79 ha, mientras que las de temporal se incrementaron de 4 263 a 6 881 ha; en San Mateo Atenco existían 58 ha de tierras de riego en 1960, que para 1970 se habían convertido sólo en 2 ha, y las tierras de temporal aumentaron de 1 226 a 1 533 ha. El agua de la cuenca alta del río Lerma era destinada, principalmente, para el uso agrícola (Maderey, 2001).

Entre 1880 y 1930, los usos y la propiedad del agua de la laguna de Lerma estuvieron caracterizados por una constante pugna entre ocho pueblos que destacaban por la combinación de actividades agrícolas, ganaderas y lacustres, entre ellos San Mateo Atenco y Lerma (Camacho, 2007). Actualmente, Lerma se divide en seis regiones para el consumo del agua: 1) Huitzitzilapan, 2) Tlalmimilolpan, 3) Atarasquillo, 4) Ameyalco, 5) Lerma y 6) Tultepec, más la zona industrial (GEM, 2013).

Algunos afluentes de las zonas altas, que se utilizaban para uso doméstico y riego, fueron canalizados hasta desaparecer en su totalidad; los manantiales en los municipios de San Mateo Atenco y Lerma disminuyeron en cantidad durante el transcurso del siglo XX (De Oca & Casillas, 2015). Esto ha dado origen a conflictos sociales derivados, principalmente, de la escasez potencial del agua (sobre todo en periodos de estiaje) y de la sobreexplotación de los acuíferos subterráneos para usos agrícola, urbano e industrial (Caire, 2005).

El sistema Cutzamala y el Alto Lerma juegan un papel importante para las dinámicas sociales de estos municipios y de la Ciudad de México, a la que abastecen con 28.3% y 12% del agua de sus cauces, respectivamente (AGUA, 2004). El Sistema Lerma atraviesa los estados de México y Michoacán y se extrajo tanta agua de éste a tal grado que, en 1976, la cuenca ya presentaba agotamiento (CDMX, 2016).

En 1970, las obras del Sistema Lerma contemplaron la perforación de 230 pozos conectados con 170 km de acueducto para surtir de agua a la Ciudad de México y remediar el desabasto que sufría entonces, aportando, así, 14 m³/s. Sin embargo, la sobreexplotación de los acuíferos y el bombeo excesivo tuvieron efectos negativos, causando hundimientos, agrietamientos, la disminución de las corrientes, la reducción de los niveles freáticos y el desequilibrio hidrológico de la cuenca (GEM, 2002).

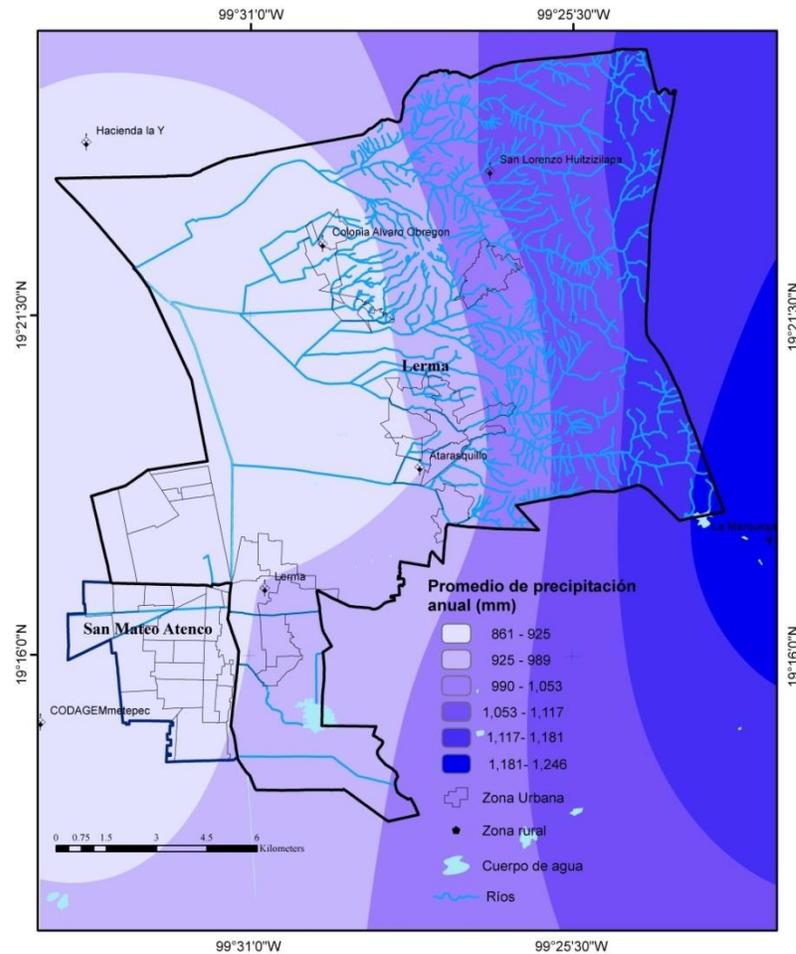
La problemática de la escasez se incrementó al ser evaluados los daños ejercidos sobre los tres grandes cuerpos de agua de la región: las ciénagas o humedales de Chiconahuapan (Almoloya del Río), Chimaliapan (Tultepec, Lerma) y Chignahuapan (San Nicolás Peralta, Lerma), que actualmente sólo conservan 7,5% de la cantidad de agua que tenían originalmente (Vázquez & Rodríguez, 2004, citado en Carreto, 2013). En 1943, las tres principales lagunas del sistema cubrían un área superior a las 10 700 ha, las cuales quedaron reducidas, en 1995, únicamente a 3 200 ha (70.09% de su superficie total) (UAEM, 1993, citado en Garfias et al., 2008). Estos cuerpos de agua constituyeron la cabecera del río Lerma, fungiendo como sistema superficial de drenaje de la región.

Pero la disponibilidad del agua no sólo es afectada por los procesos urbanos, los cambios ambientales, las extracciones desmedidas para los diversos tipos de uso, el suministro a la ciudad de México y al proceso de desecación de las zonas lacustres; también está condicionada por las precipitaciones.

4.3.2. Precipitaciones en los municipios

Las precipitaciones pluviales son de gran importancia para la hidratación del suelo y la recarga de los acuíferos. La disponibilidad del agua está determinada por la cantidad de precipitaciones y su uso por parte de la población. En Lerma, las precipitaciones superan los 1 700 mm (GEM, 2013), mientras que en San Mateo Atenco oscilan entre los 700 y 900 mm anuales (GEM, 2016). Los datos sobre las precipitaciones que presenta cada municipio indican la cantidad de agua existente bajo condiciones ambientales normales; sin embargo, su consumo está limitado debido a la contaminación y escasa recarga de los mantos acuíferos.

Figura 22. Tasa anual de precipitaciones pluviales en Lerma y San Mateo Atenco, 1951-2010

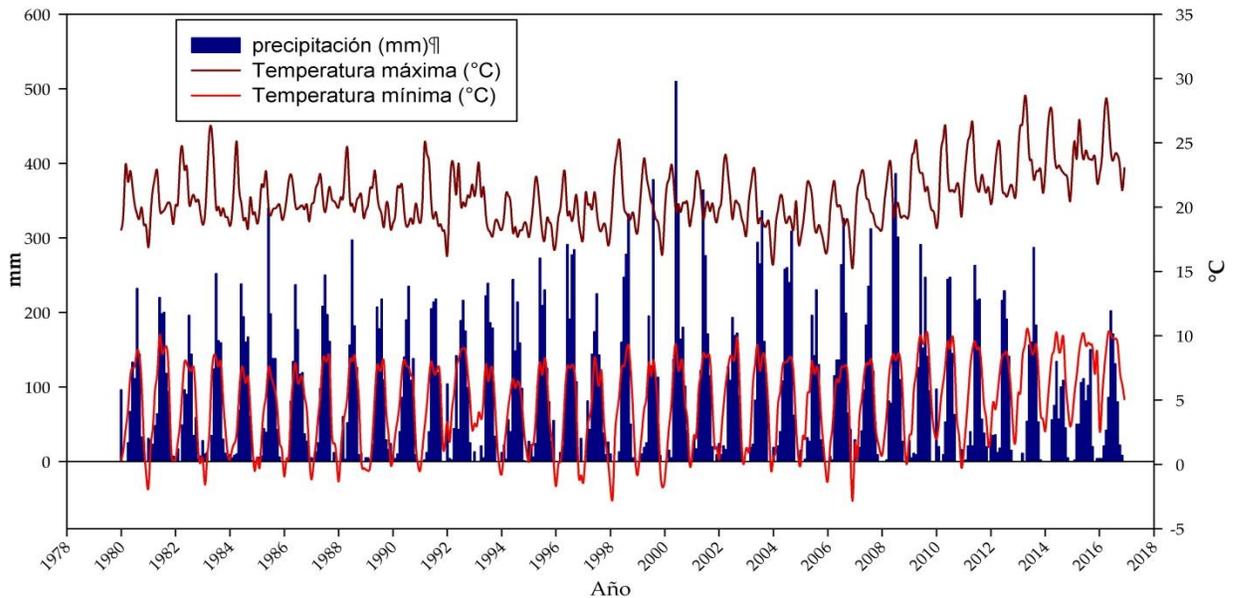


Fuente: Elaboración propia con base en (CONAGUA, 1951-2010) e (INEGI, 2001d)

La colorimetría expresa los valores obtenidos a través de la interpolación de datos de los últimos 59 años de precipitaciones, aportados por 11 estaciones meteorológicas. La degradación del color azul se da en la medida en que la cantidad de precipitación media anual se reduce. Las zonas más altas del territorio presentan mayores precipitaciones, entre 1 053 y 1 245 mm, mientras las más bajas de 860 a 924 mm.

En contraste, la gráfica 11 muestra el promedio mensual de las temperaturas (mínima y máxima) en grados Celsius/centígrados y el total de las precipitaciones acumuladas desde 1980 hasta 2016.

Gráfica 11. Precipitaciones y temperaturas en Lerma y San Mateo Atenco, 1980-2016



Fuente: elaboración propia con base en (Thornton, et al., 2016)

Esta gráfica permite apreciar la variabilidad de las precipitaciones en ambos municipios. Durante 1985, se tuvieron precipitaciones mensuales acumuladas de hasta 340 mm, con una temperatura máxima de 20 y mínima de 7°C. A partir de 1990, las precipitaciones aumentaron y las áreas agrícolas ubicadas en las cercanías de las ciénagas de Chimaliapan (ver figuras 23 y 24), entre Lerma y San Mateo Atenco, comenzaron a inundarse, recuperando su espacio natural.

El año 2000 fue el más lluvioso, con una precipitación mensual acumulada de 510 mm y temperaturas máximas de 19 y mínimas de 9°C. Sin embargo, después de este, la intensidad de las precipitaciones ha disminuido; sólo en 2008 se presentó una precipitación acumulada mensual de 386 mm, con temperaturas máximas de 19 y mínimas de 8°C.

Figura 23. Ciénaga de Chimaliapan, 1980



Figura 24. Ciénaga de Chimaliapan, 2017



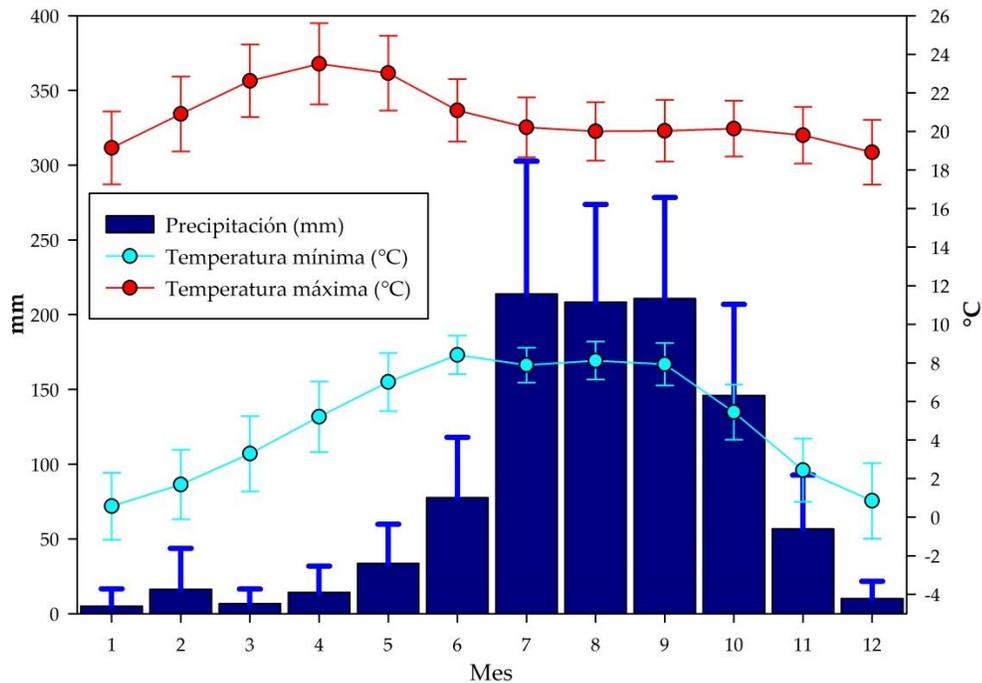
Fuente: trabajo de campo; 2016-2017

Las fotografías permiten realizar una comparación que muestra el cambio de actividades a las que es destinado el terreno, propiciadas por la variabilidad del clima y, principalmente, por el espacio que recupera la ciénaga (anteriormente de uso agrícola, inundadas en la actualidad). Desde 2010 hasta 2016, las precipitaciones acumuladas sólo han llegado a alcanzar los 250 mm mensuales, con aumento de temperaturas máximas de 20 y cercanas a los 30°C.

Aunado a lo anterior, la gráfica 12 presenta las condiciones de precipitación acumulada y temperatura promedio por meses⁶. Se tomó como parámetro de análisis el año 2000, con el fin de corroborar los datos de precipitación de la gráfica 11 y contrastarlos con la información aportada por el sistema CLICOM, que también muestra categorías de evaluación de precipitaciones, y con la base de datos de Thornton (2016), evidenciando diferencias mínimas en la aproximación de los resultados: Thornton arroja que en 2000 se dieron precipitaciones mensuales de 510 mm, mientras CLICOM presenta 495 mm (SMN, 2012).

⁶ Debido a la carencia de datos proporcionados por la base Climatológica Nacional (SISTEMA CLICOM) del Servicio Meteorológico Nacional (SMN), se recurrió a información proporcionada por Daily Surface Weather and Climatological Summaries (DAYMET) (Thornton, et al., 2016).

Gráfica 12. Promedio de precipitaciones y temperaturas mensuales en Lerma y San Mateo Atenco, 1980-2016



Fuente: elaboración propia con base en (Thornton, et al., 2016)

Es posible apreciar la distribución de las precipitaciones a lo largo del año. Los meses en los que más llovió fueron julio-octubre, dando como resultado precipitaciones acumuladas de 200 a 250 mm mensuales, con temperaturas máximas constantes de 20 y mínimas de entre 4 y 8°C. Lo anterior demuestra cómo, en la medida en que disminuye la temperatura mínima y aumenta la máxima, las precipitaciones también se reducen, indicando una mayor disponibilidad de agua sólo durante ciertos meses del año.

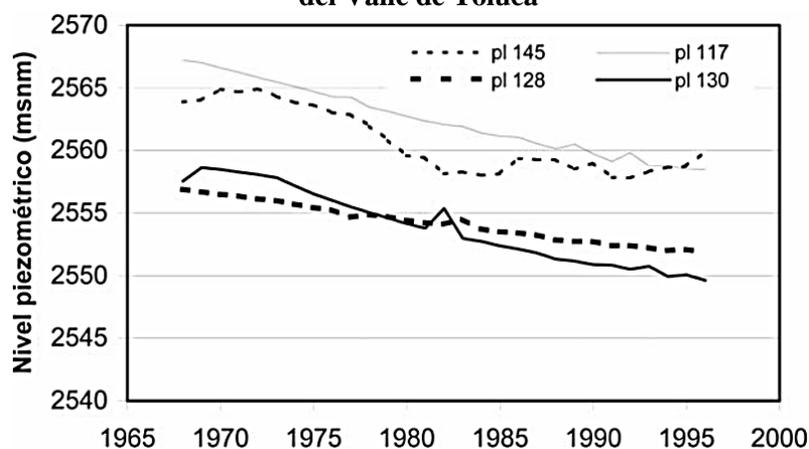
Pero la disponibilidad del agua no sólo se debe al factor de las precipitaciones, también depende de las condiciones y niveles del agua subterránea y al control en su extracción.

4.3.3. Nivel de las aguas subterráneas

Lerma y San Mateo Atenco cuentan con un total de 1 678 captaciones construidas, de los cuales 885 son pozos, 601, norias y 192 manantiales. La recarga del acuífero corresponde a 564 millones de metros cúbicos (m³), de los cuales se extraen anualmente 621 millones (INEGI, 2001d). El nivel de recarga del acuífero es superado por la demanda con una diferencia de 57 millones de m³ al año. La gran cantidad de pozos existentes en el Valle de Toluca y su afectación a los municipios de Lerma y San Mateo Atenco, han provocado el abatimiento de los niveles del agua subterránea.

Pero no sólo se debe a esto. Los niveles de las aguas subterráneas también son afectados por la falta de planeación en los procesos de urbanización, que impactan directamente en el subsuelo e impiden la recarga de los mantos acuíferos. La gráfica 13 muestra la evolución de los niveles de agua subterránea en el Valle de Toluca.

Gráfica 13. Descenso del nivel piezométrico ocasionado por la sobreexplotación del acuífero del Valle de Toluca



Fuente: (Díaz, et al., 2009)

El abatimiento del agua subterránea en Lerma y San Mateo Atenco está relacionado con la sobreexplotación, producto de los acuerdos celebrados entre estos con la Ciudad de México para abastecerla con agua, pese al decreto publicado en el *Diario Oficial de la Federación* el 23 de septiembre de 1965, que establece una veda por tiempo indefinido (DOF, 1965), la cual, sin embargo, no restringe totalmente la extracción del agua del subsuelo, pero sólo la permite para uso doméstico.

Otros acuerdos establecidos, como la veda sobre las concesiones de las aguas del río Lerma y sus afluentes en el Estado de México, Michoacán, Guanajuato y Jalisco (27 de agosto de 1931 (DOF, 2014)), tampoco reflejan actualmente los efectos positivos que buscaban obtener, ya que las problemáticas en el descenso del nivel freático y la vulnerabilidad ante la escasez, se magnifican en temporadas de estiaje (febrero-mayo).

La reducción en el nivel de las aguas subterráneas afecta severamente los caudales ecológicos y la distribución del agua sólo favorece a unos grupos frente a otros (FAO, 2013). La conjunción entre hábitats urbanos y ecosistemas naturales únicamente a derivado en problemas de disponibilidad de agua para ambos entornos, y uno de ellos tiene que ver con las descargas de desechos industriales al río Lerma.

4.3.4. Contaminación del río Lerma

El proceso acelerado de industrialización que comenzó entre las décadas de 1940 y 1950 concentrados en Naucalpan y Tlalnepantla, por un lado, y en el corredor Lerma-Toluca, por el otro, provocó una fuerte presión sobre la disponibilidad del recurso agua en toda la región que abarca el Valle de Toluca. A esto se sumó, poco tiempo después, la demanda de agua por parte de la capital mexicana, así como de agricultores locales, de la incipiente industria regional y de las concentraciones urbanas en permanente y rápida expansión a sus alrededores (GEM, 2011). Se estima que en el periodo que abarca la década de 1970, diariamente llegaban 550 personas provenientes de otros estados a radicar y trabajar en las industrias del Valle de Toluca, por lo que el río Lerma y sus afluentes comenzaron a sufrir daños causados por la contaminación (Ortega, 2008). En la actualidad, es, precisamente, la contaminación de sus aguas lo que ha derivado en el incremento de las probabilidades de padecer la escasez del recurso entre los habitantes de Lerma y San Mateo Atenco.

La contaminación del río es provocada por las industrias y zonas urbanas. En la cuenca alta del río Lerma se encuentran asentadas 470 industrias, de las cuales solamente 108 cuentan con sistemas para el tratamiento y reciclaje del agua (ISUU, 2002).

Pese a los esfuerzos para sanear el río, poco se ha logrado. En 1989 fue firmado un acuerdo para el aprovechamiento, saneamiento, ordenamiento y reglamentación del uso de sus aguas entre varias entidades federativas, promoviendo la utilización eficiente del río

Lerma-Santiago (GEM, 2011), pero la falta de planeación y coordinación entre las autoridades responsables no lo ha hecho posible, a lo que hay que añadir el hecho de que las descargas urbanas e industriales en el río no sólo continúan, sino que se han intensificado.

Aunque algunas comunidades, asentamientos o ciudades cuentan en la actualidad con sistemas de tratamiento, como plantas (Reciclagua), siguen sin ser suficientes para devolver el agua del río a un estado de utilidad humana y ecológica.

La planta tratadora Reciclagua está puesta al servicio de 165 empresas. Da tratamiento a 10 millones de metros cúbicos de agua anualmente y las aguas tratadas son devueltas al río Lerma. El municipio trata un volumen de agua de 6 224.30 m³ por día. Para su mantenimiento, obtiene recursos económicos provenientes de las cuotas que pagan sus usuarios, pues no recibe subsidios gubernamentales (De Oca & Casillas, 2015). San Mateo Atenco no cuenta con una planta tratadora (ISUU, 2002).

La constante extracción del agua en estos municipios los hace vulnerables a la escasez del recurso. Por esto, resulta pertinente considerar e implementar un límite de extracción y uso permisibles. Es en relación con lo anterior que han sido considerados los umbrales del agua, que permiten identificar sus condiciones y grado de disponibilidad.

4.3.5. Umbrales de disponibilidad del agua

Para identificar los umbrales del agua fue necesario recurrir a los indicadores propuestos por Falkenmark (1989), que definen la fracción total de la escorrentía anual disponible per cápita $m^3/hab/año$ para el uso humano, y se basa en el ingreso per cápita (Brown & Matlock, 2011). Este indicador se adapta a la resiliencia urbana con el fin de señalar los umbrales del agua disponible sin que se vean afectados los municipios, y su objetivo es el de mantener el recurso dentro de márgenes de vulnerabilidad aceptables.

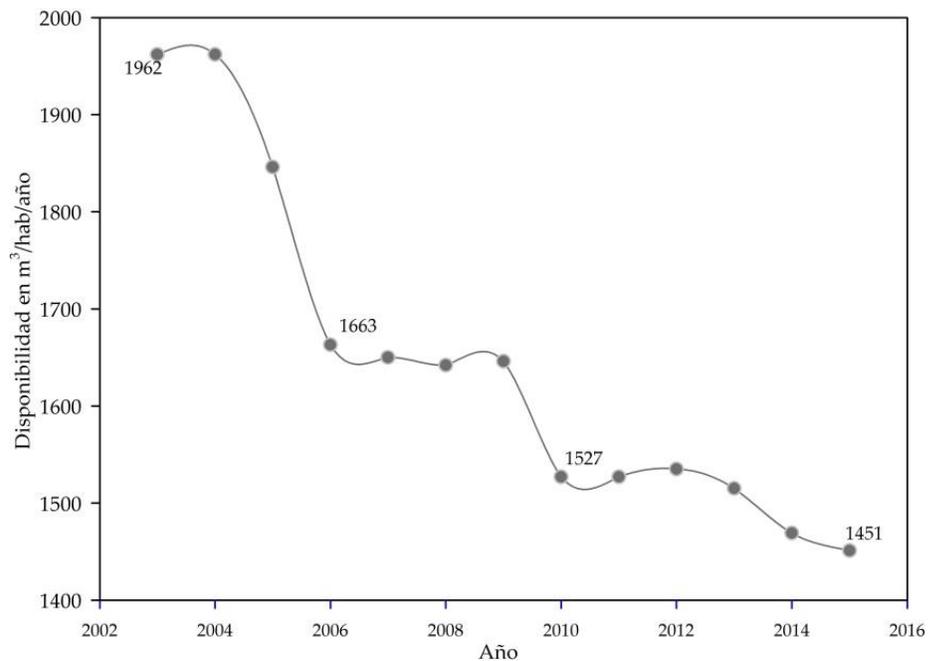
Tabla 11. Umbrales de disponibilidad del agua

Grado de disponibilidad	Disponibilidad natural media per cápita, $m^3/hab/año$	Condición de disponibilidad
Sin estrés	> 1 700	Muy alto
Estrés	1 000-1 700	Alto
Escasez	500-1 000	Moderado
Escasez absoluta	< 500	Bajo

Fuente: adaptado a los municipios con base en (Brown & Matlock, 2011)

Para determinar la cantidad de agua disponible por año y su evolución a partir de diversas fuentes estadísticas, como la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA, 2016) y el Sistema Nacional de Información del Agua (SINA, 2016), los umbrales deben ser contrastados con la información mostrada en la gráfica 14. La disponibilidad en Lerma y San Mateo Atenco se ubica en la fase de estrés, con condición alta, en la cuenca del Lerma, lo que los ha librado de caer en escasez.

Gráfica 14. Disponibilidad natural media per cápita, cuenca del Lerma



Fuente: elaboración propia con base en (CONAGUA, 2016) y SINA, 2016

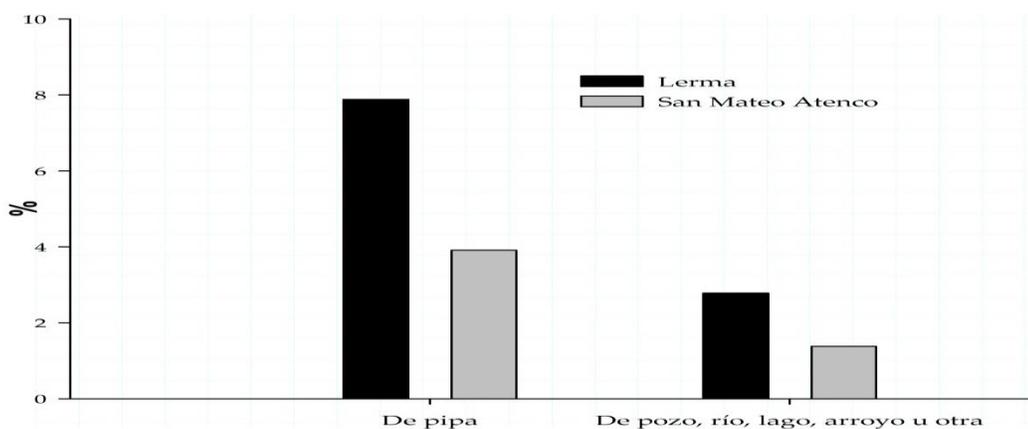
Los municipios se encuentran en el umbral de estrés, que se sitúa entre los 1 000 y 1 700 m³/hab/año media per cápita, con 1 451 m³ en el 2015. Pese a que la cuenca del Lerma muestra una disponibilidad alta de agua gracias a que aún ha sido utilizada en su totalidad, presenta, sin embargo, marcados periodos de escasez, como los sufridos entre 2010 y 2015, cuando se observaron fuertes descensos en sus niveles.

Para solucionar esta problemática, el municipio de Lerma recibe 369 m³/s del caudal total del Sistema Cutzamala (Perló & González, 2005); en el caso de San Mateo Atenco, la Comisión del Agua del Estado de México (CAEM) recibe del mismo sistema el agua en bloques, con una dotación promedio aproximada de 100 m³ al día (GEM, 2016).

4.3.6. Disponibilidad de agua para vivienda

Además de la red de distribución, los habitantes de los municipios también se abastecen por medio de pipas, pozos artesanales, lagos o arroyos. En Lerma, 8% de la población es suministrada con pipas y 3% recurren a pozos artesanales; mientras que en San Mateo Atenco 4% de los usuarios es abastecido con pipas y sólo 1% dispone de pozos.

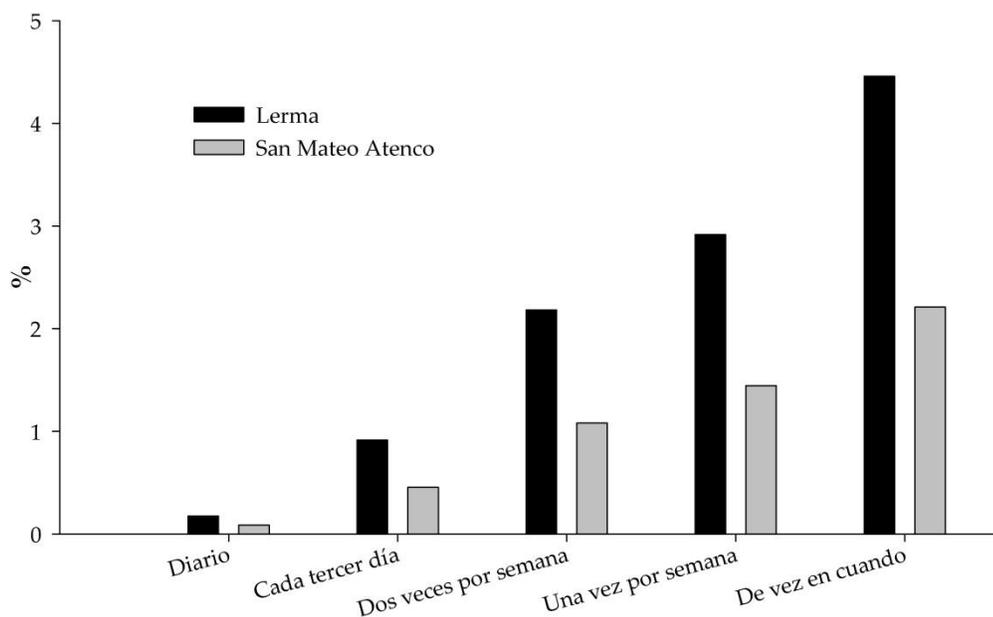
Gráfica 15. Disponibilidad del agua potable para las viviendas de acuerdo con la fuente de abastecimiento



Fuente: elaboración propia con base en (INEGI, 2016)

Ambos municipios cuentan con redes de distribución de agua, pero resultan insuficientes para dar cobertura a toda su población, por lo que a 16% de ellos se les distribuye por medios alternos, principalmente a quienes habitan en comunidades rurales. Se implementa, también, el método de racionamiento por día, lo que no más que un indicador de la crisis por la que atraviesan, no sólo debido a la falta de mantenimiento de la infraestructura, también a causa de la escasez natural del agua.

Gráfica 16. Suministro del agua por día en Lerma y San Mateo Atenco

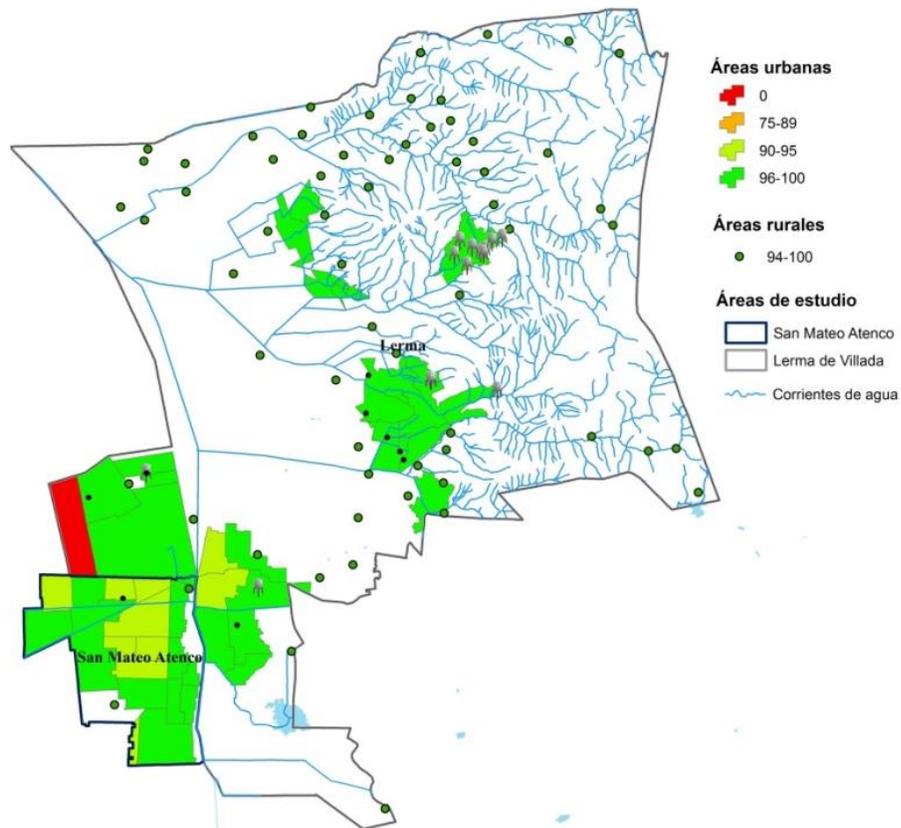


Fuente: elaboración propia con base en (INEGI, 2016)

Es posible observar que el menor porcentaje en relación con el suministro de agua concentra a quienes lo reciben diario, 0.17% de la población en Lerma y 0.08 % en San Mateo Atenco; el polo opuesto lo representan quienes reciben el abasto del recurso de vez en cuando, 4.45% y 2.21% de la población de cada municipio, respectivamente. Estas medidas implementadas por la población surgen como una necesidad: para que todos puedan disponer de agua en sus viviendas, han optado por el tandeo.

La disponibilidad de agua potable es esencial para la salud de la población. Por eso, como variable de análisis para este estudio, se utiliza como referencia el acceso del que disponen las viviendas particulares a ella, y se determinó que la cobertura de la red hidráulica alcanza casi al 100% de ellas en ambos municipios. Estos datos se muestran en la figura 25, donde se aprecia de manera espacial la distribución del recurso, tanto para áreas rurales como en zonas urbanas.

Figura 25. Cobertura de la red hidráulica para viviendas particulares (%), Lerma y San Mateo Atenco



Fuente: elaboración propia con base en INEGI (2010)

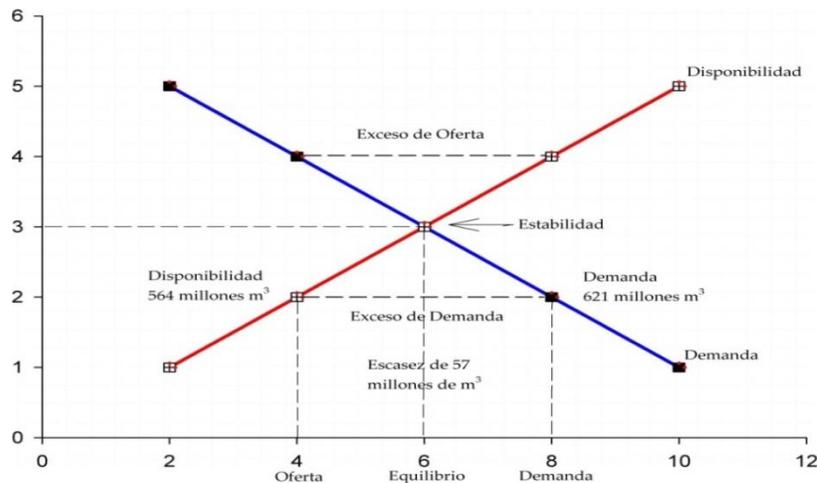
La cobertura del servicio para las viviendas en áreas rurales oscila entre 94 y 100%; con respecto de las zonas urbanas, se aprecian escasas diferencias, entre 90 y 100%. La única excepción es la franja marcada con color rojo, pues se trata de una gran extensión de campo y naves industriales ubicadas en el corredor industrial de Lerma que no cuentan con este servicio. Una segunda zona sólo posee la cobertura del servicio entre 75-89%, debido a que se trata de un área que cuenta con pocas viviendas ubicadas entre extensos campos de cultivo.

Con base en INEGI (2010), el conjunto urbano que alberga el Fraccionamiento y Club de Golf los Encinos (ver mapa, número 83), ubicado en Lerma, es considerado como área rural; sin embargo, el trabajo de campo y de fuente cartográfica permitió corroborar que el lugar presenta una gran extensión en cuanto a conjuntos urbanos se refiere y no debe ser considerada como área rural, ya que posee todos los servicios básicos, especialmente el

de agua potable. Además, cuenta con tres cuerpos de agua dentro del campo de golf. Es probable que no esté contemplada como zona urbana debido a que su población no sobrepasa los 2 500 habitantes, que son considerados para tal efecto.

Con respecto de San Mateo Atenco, no existe la presencia de ningún cuerpo de agua dentro del municipio. Entre 90-95% de las viviendas particulares que disponen de agua se encuentran ubicadas en Colonia Buenavista, Fraccionamiento Santa Elena, La Concepción, San Juan y en una sección de la cabecera municipal. El resto del municipio cuenta con el 100% de disponibilidad de agua en las viviendas particulares.

Gráfica 17. Relación entre disponibilidad y demanda del agua, Lerma y San Mateo Atenco



Fuente: elaboración propia con base en (Taylor & Weerapana, 2012)

Desde el punto de vista económico, la asignación de precios al agua permitiría alcanzar la estabilidad con respecto de la demanda y disponibilidad, sin embargo, esta medida sólo favorecería a cierto sector de la población, limitando el acceso a los grupos de más bajos recursos. El municipio de San Mateo Atenco asigna costos a manera de contribuciones; Lerma, por su parte, no cobra el agua a los pobladores de la cabecera municipal.

El caso de los comités de agua en ambos municipios es singular, pues demandan una contribución mínima con el fin de dar mantenimiento a la red de distribución hidráulica; pero aun con los costos existentes no se ha logrado alcanzar la estabilidad

debido a la falta de coordinación y control en el suministro del agua y de atención a las fuentes y acuíferos.

Cierre capitular

A manera de cierre capitular, y con base en el desarrollo del diagnóstico, se concluye que los municipios de Lerma y San Mateo Atenco presentan condiciones de escasez de agua debido a las constantes extracciones, a la falta de tratamiento de aguas residuales, a la carencia en la preservación de áreas naturales que fungen como zonas de captación y a la incipiente planeación para la expansión de las zonas urbanas, lo que ha fomentado un crecimiento desordenado sobre el territorio lacustre.

La disponibilidad del agua está determinada por varios factores como: la infraestructura, los niveles de disponibilidad natural y de los mantos acuíferos, las precipitaciones pluviales, la demanda de los municipios y de las vedas en el Valle de Toluca. A lo anterior debe sumarse también la incapacidad demostrada por parte de los organismos e instituciones administrativos –comités locales y OPDAPAS municipales– para el control y manejo del agua y la falta de aplicación de las normas de protección ambiental –caso del Ordenamiento Ecológico.

La mayor demanda del recurso proviene, principalmente, de los sectores urbano e industrial, sin dejar de mencionar a la Ciudad de México como factor externo de superlativa incidencia para la disponibilidad del agua en ambos municipios.

La disponibilidad del agua en ellos se da en relación con los niveles que presenta la cuenca del Lerma, la cual, debido a su continua escasez, obliga tanto a las autoridades en la materia como a la misma población a ejecutar medidas emergentes y recurrir a alternativas como el tandeo del servicio para el suministro del recurso.

Además de las condiciones de disponibilidad y demanda del agua, en el capítulo 5 será retomado el tema de la resiliencia de la población de cada municipio en relación con la escasez del líquido, para lo que se habrán de analizar una serie de indicadores sociales y ambientales y, al final, realizar y exponer el índice de resiliencia urbana, que es la propuesta de este estudio.

Capítulo 5. Índice de resiliencia urbana ante la escasez del agua

En este capítulo será realizada la evaluación cuantitativa y cualitativa de la resiliencia urbana en Lerma y San Mateo Atenco ante la problemática de la escasez del agua.

Serán identificadas las capacidades de adaptación y transformación de las áreas rurales y zonas urbanas; también integrará a partir de entrevistas aplicadas a actores clave dentro de los organismos administradores del agua en ambos municipios, para definir y clasificar las acciones emprendidas por estos como diversas, modulares o redundantes.

Una vez obtenido el índice a partir de la combinación de indicadores de aspectos sociales, económicos y datos sobre el agua, se realizará una evaluación estadística por medio del método factorial, partiendo de la estandarización de los indicadores con la finalidad de homologar los resultados, que serán plasmados en cartografía y clasificados en tres categorías: alta, moderado y baja.

5.1.Contexto del problema

En la actualidad, el Estado de México mantiene un déficit de agua potable de 3 m³/s, e irá incrementándose en un metro cúbico cada año debido a la demanda por el crecimiento poblacional, que registra 350 mil habitantes por año, donde más de un millón y medio de personas en la entidad no cuentan con acceso al agua de manera regular (Lira, 2005). Este es el problema con el que se enfrentan, desde hace tiempo, los municipios de Lerma y San Mateo Atenco.

La escasez del agua en estos municipios ha situado a sus pobladores en crisis, por lo que se ven con la necesidad de poner en práctica acciones de respuesta para preservar el recurso. La realización del índice que a continuación será expuesto arroja sus resultados con base en las capacidades de adaptación y transformación. Este análisis queda complementado con una entrevista a miembros de los comités y organismos municipales que controlan y manejan el agua, con el fin de identificar las clases de respuestas adoptadas por los habitantes, y que se clasificarán como diversas, modulares o redundantes.

5.1.1. Análisis factorial

El análisis factorial deriva de un modelo matemático que estima los factores subyacentes y se basa en varias suposiciones para que estas sean precisas. Mientras que el análisis del componente principal simplemente descompone los datos originales en un conjunto de variables lineales, el análisis factorial se ocupa de establecer qué componentes lineales existen dentro de los datos y cómo una variable particular contribuye con ese componente (Field, 2009).

Los resultados que arroja permiten comprender la estructura de las variables aplicadas y reducir un conjunto de datos a un tamaño más manejable mientras retiene la mayor cantidad de información original posible; facilita la apreciación de qué factores existen y cómo se relacionan con las variables medidas. El uso del sistema *varimax* para este tipo de análisis maximiza la dispersión de cargas dentro de los factores, por lo tanto, intenta cargar un número más pequeño de variables para cada factor, lo que resulta en grupos más fácilmente interpretables (Field, 2009).

Los resultados se obtuvieron a partir de la implementación de 24 variables analizadas y se representan en la varianza expuesta en las tablas 12 y 14, donde cada propiedad de la resiliencia indica la importancia de cada factor explicado en porcentaje, el cual se asocia con el *varimax* de las tablas 13 y 15.

Tabla 12. Porcentajes totales de la varianza explicados sobre la capacidad de transformación

1	2	3	4	Total
54.11	18.90	9.14	6.2	88.35

Fuente: elaboración propia con base en *Systat*

La tabla anterior muestra los resultados de la varianza explicada en diferentes concentraciones de variables para cada factor. La columna 1 explica el 54.11% de varianza, lo que significa que ante cualquier movimiento que presenten las variables, los pesos se modificarán y el factor de cada columna cambiará. Los pesos de las columnas 1 y 2 concentran el mayor grado de correlación acumulada, es decir, la capacidad de

transformación de la población está determinada por diez variables socio-demográficas obtenidas por el *varimax* de la tabla 13.

Tabla 13. Capacidad de transformación
Rotated Loading Matrix (VARIMAX, Gamma = 1.000000)

Variable	1	2	3	4
Población total	-0.895			
Población de 0 a 49 años de edad			0.826	
Población de 50 a 64 años de edad			-0.619	
Población ocupada			0.869	
Población desocupada	0.772			
Población que no asiste a la escuela	-0.923			
Población que asiste a la escuela		-0.835		
Total de viviendas	-0.929			
Total de viviendas habitadas	0.941			
Viviendas con agua	0.968			
Viviendas sin agua				-0.803
Acceso al agua	0.955			
Viviendas con escusado	0.916			
Viviendas sin escusado		0.91		
Viviendas con lavadora		0.955		
Infecciones intestinales	0.78			
Índice de desarrollo humano	-0.782			
Densidad de población municipal				-0.77

Fuente: elaboración propia con base en *Systat*

El primer factor implica la cantidad de población y las condiciones en torno de los servicios básicos en la vivienda, como el agua, y determinan la capacidad de transformación por medio de la cantidad de agua utilizada por cada habitante. El segundo factor se determina por las condiciones de salud y de educación; el tercero, por el empleo a distintas edades. Por lo tanto, se infiere que la capacidad de transformación depende de la cantidad de población y de su nivel socioeconómico para poder acceder al servicio básico del agua.

Cualquier aumento o disminución de la población afectará la disponibilidad del recurso, lo que significa que la población y sus condiciones socioeconómicas son determinantes para su preservación. Además, implica que cualquier modificación de dichas condiciones incrementará las posibilidades de acceso al servicio de agua potable u otra fuente de suministro.

Las tablas 14 y 15 muestran los resultados obtenidos en relación con la adaptación a partir de la aplicación del mismo método.

Tabla 14. Porcentajes totales de la varianza explicados sobre la capacidad de adaptación

1	2	3	Total
44.87	15.87	11.53	72.27

Fuente: elaboración propia con base en *Systat*

La concentración de las variables por factor no determina su importancia, sino el peso que tiene cada una de ellas. Ejemplo de esto es el factor de la columna 1, pues sólo contempla dos variables y representa 44.87%, seguido del factor 2, con 15.87%. En el *varimax* se agrupan las variables que explican la capacidad de adaptación conforme al porcentaje que representan.

Tabla 15. Capacidad de adaptación
Rotated Loading Matrix (VARIMAX, Gamma = 1.000000)

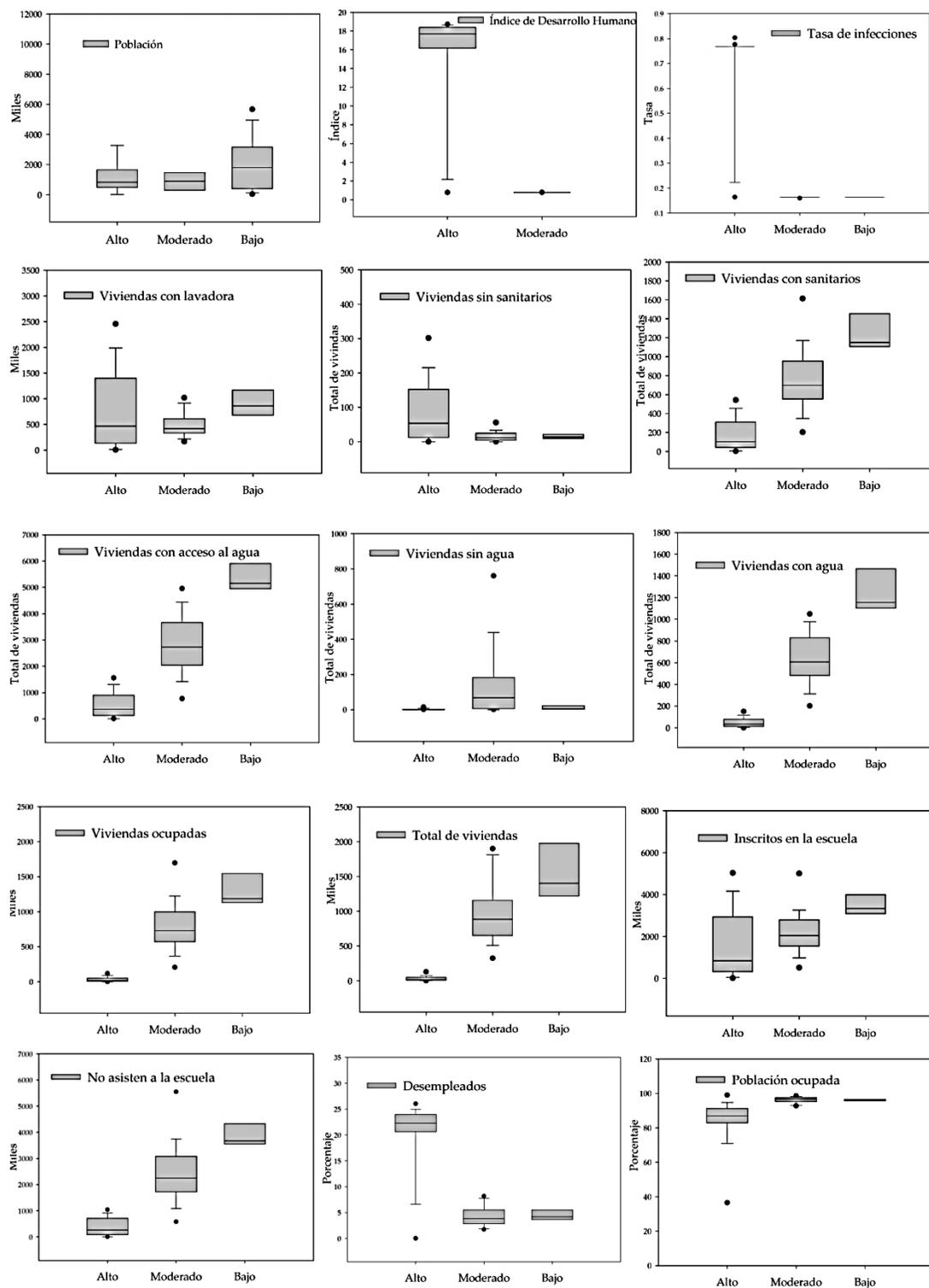
Variable	1	2	3
Población total		0.664	
Población de 0-49 años		0.545	
Población de 50-64 años		0.792	
Total de hogares		-0.616	
Acuífero			0.801
Disponibilidad natural de agua	0.825		
Precipitación promedio	-0.829		
Promedio estacionalidad de temperatura anual			0.589
Índice de marginación			0.853

Fuente: elaboración propia con base en *Systat*

La capacidad de adaptación se determina, principalmente, a través de aspectos ambientales. El factor 1 explica 44.87%, con dos variables: la disponibilidad natural del agua y las precipitaciones pluviales; el factor 2 está determinado por la relación que existe entre el número de pobladores y el de viviendas que requieren el abastecimiento del agua. Es decir, la adaptación es un proceso que se define por las condiciones naturales de disponibilidad del agua y por la demanda en las viviendas, así como por las actividades económicas que se realizan en los municipios.

Los resultados obtenidos fueron graficados en *box plot* (figuras 26 y 27). Los diagramas indican la distribución y concentración de las 24 variables evaluadas por cada nivel de resiliencia de la población en torno de la escasez al agua: alto, moderado y bajo. A continuación, se presentan dos diagramas: el primero indica la capacidad de transformación y el segundo, la de adaptación. Muestran, también, el rango de puntajes: el rango entre el 50% del puntaje medio y el puntaje de mediana, cuartil superior y cuartil inferior. Los histogramas indican si la distribución es simétrica o sesgada; si los bigotes presentan la misma longitud, entonces la distribución es simétrica (el rango del 25% superior e inferior de los puntajes es el mismo); si uno de los bigotes, superior o inferior, es más largo que el opuesto, entonces la distribución es asimétrica (el rango del 25% superior e inferior de los puntajes es diferente) (Field, 2009).

Figura 26. Box Plot con los resultados de la transformación sobre la escasez del agua potable en Lerma y San Mateo Atenco, 2010

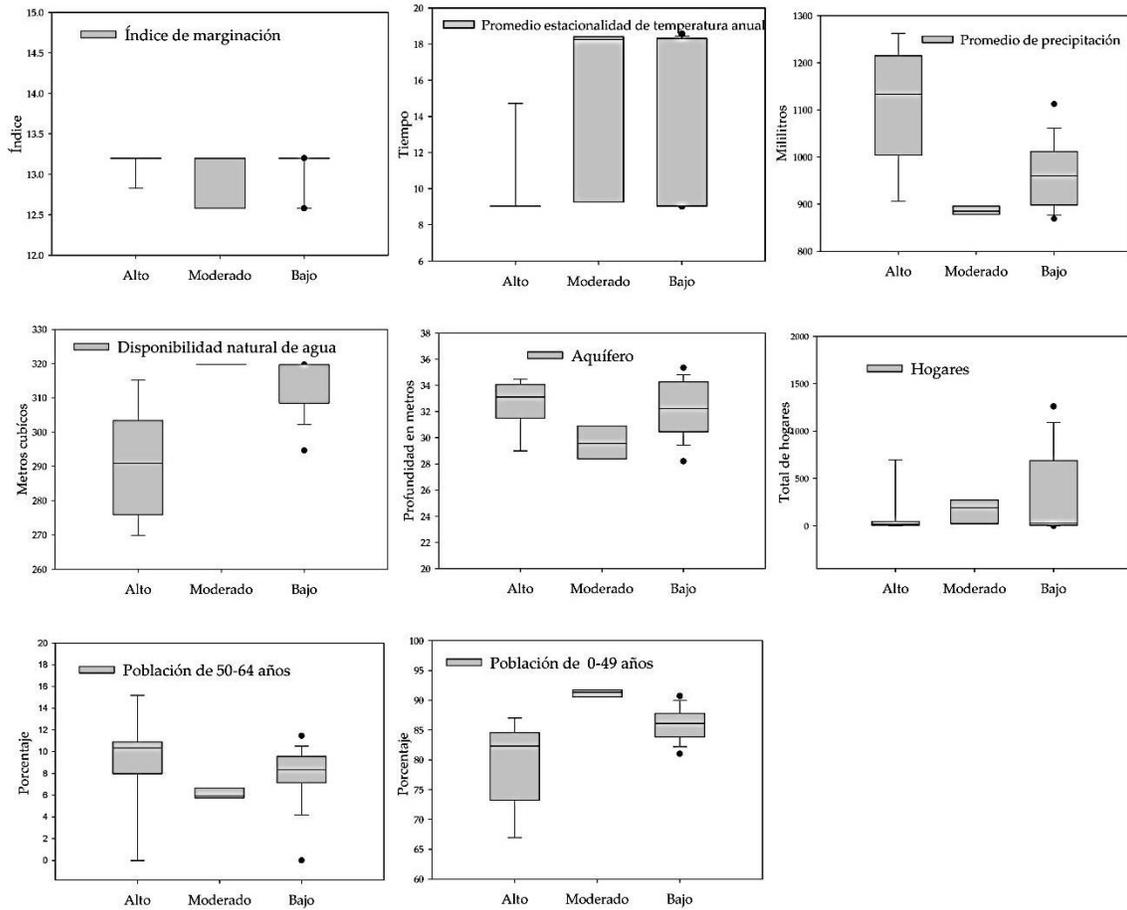


La capacidad de transformación presenta marcadas diferencias en la concentración de los datos, debido a la influencia que tienen las áreas rurales, compuestas por 64 AGEBs. De acuerdo con sus condiciones económicas, han reducido la degradación del medio ambiente por medio de la implementación de nuevas alternativas para el suministro del agua potable, no sólo de la que proviene de la red hidráulica, sino que han optado por fuentes alternas como manantiales, ríos y pozos tradicionales no contaminados. Esto les ha permitido adaptarse a un nuevo contexto.

La capacidad de transformación de las poblaciones rurales se distribuye y se concentra con base en los datos de la figura 26; la relación de adaptación está en función de tres aspectos: primero, por la disponibilidad del agua; segundo, por la cantidad de población; y, por último, por las condiciones socioeconómicas para preservar el suministro de agua potable y evitar su escasez.

Las condiciones sociales y los recursos económicos con los que cuentan los habitantes definen, en gran medida, la capacidad de transformación. Lo mismo ocurre con los niveles de afectaciones sobre los recursos naturales, que asientan la estabilidad medio ambiental con respecto de la disponibilidad y consumo del agua potable. En la adaptación también intervienen las políticas y acuerdos para el manejo del agua.

Figura 27. Box Plot con los resultados de la adaptación sobre la escasez del agua potable en Lerma y San Mateo Atenco, 2010

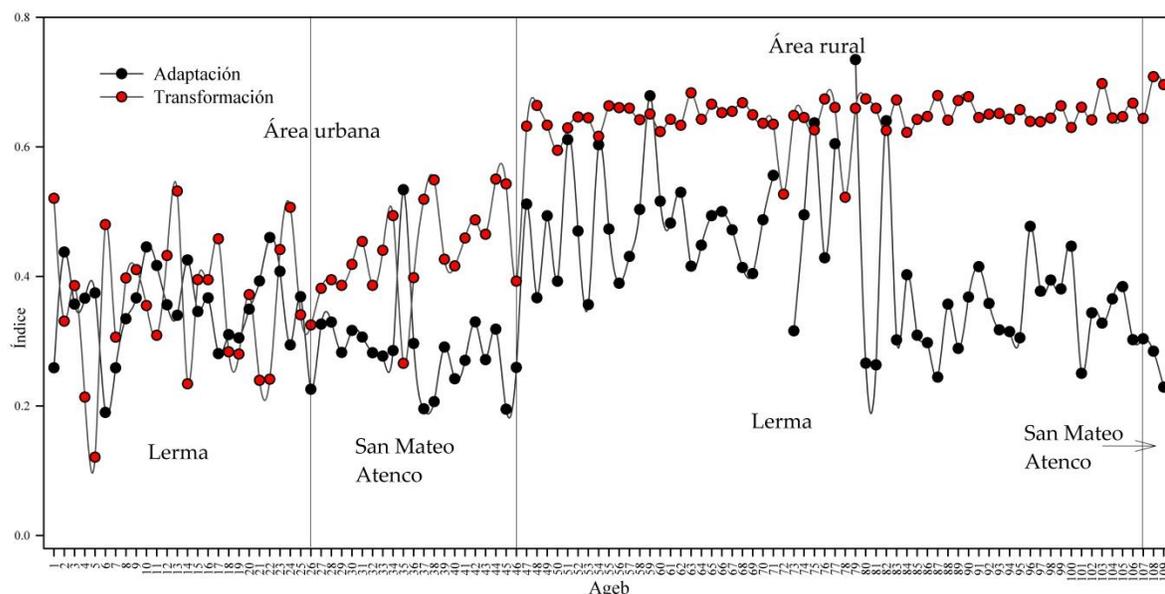


Los cambios medio ambientales definen la adaptación de la población. Esto ha orillado a las personas a buscar alternativas para preservar el agua por medio de acciones clasificadas como redundantes, diversas y modulares. Se infiere que en la medida en que incrementa el número de usuarios y de procesos de urbanización, también se hacen más vulnerables a la escasez.

5.1.2. Comparación entre adaptación y transformación

La comparación de los datos correspondientes a la adaptación y a la transformación es mostrada en la figura 28, donde se aprecia el comportamiento de los índices de manera general por cada AGEB y localidad que integran los municipios.

Figura 28. Comparación de los índices de las propiedades de la resiliencia urbana para el abastecimiento del agua potable



Fuente: elaboración propia con base en INEGI (2010)

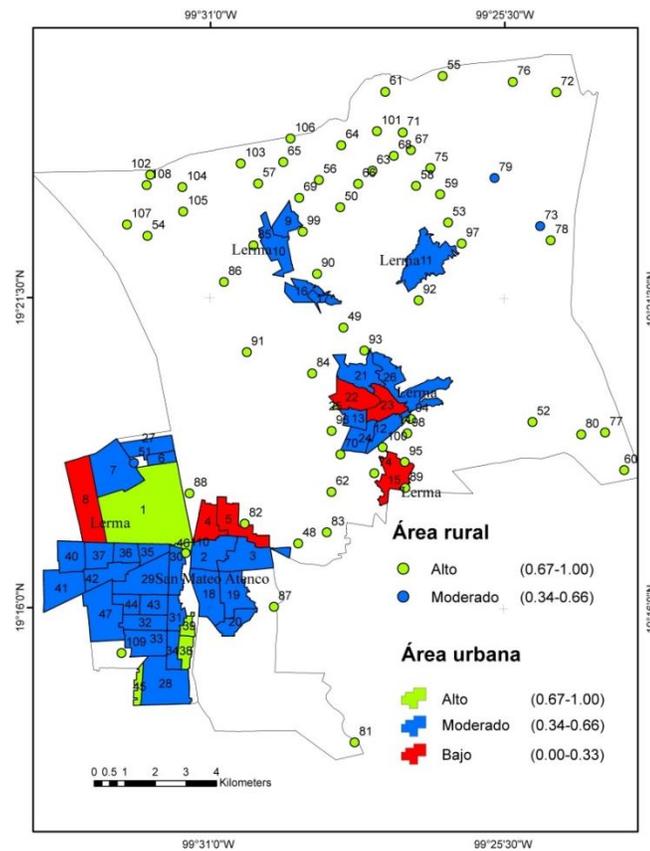
Los AGEB urbanos son señalados con los números 1 al 46; de ellos, a Lerma le corresponden del 1 al 26, y del 27 al 46, a San Mateo Atenco. Las áreas rurales abarcan el resto de la numeración; del 47 al 107 se ubican en Lerma, y las tres últimas pertenecen a San Mateo Atenco. Las 110 áreas analizadas presentan diferencias entre las propiedades de la resiliencia de la población, que se manifiestan de diversas maneras, según su naturaleza (urbana o rural). Cabe señalar que las propiedades no necesariamente se manifiestan de manera simultánea, pues existe un desfase marcado por las condiciones particulares de vulnerabilidad de cada una de ellas.

La diferencia en el índice de transformación de las áreas rurales y urbanas entre ambos municipios, evidencia una transformación lenta pero constante; no ocurre lo mismo en el caso de la adaptación, ya que los pobladores se muestran incapaces de asimilar rápidamente los cambios, específicamente en lo que respecta a la problemática de la escasez del agua. Esto se debe a que los mecanismos de coordinación entre grupos son escasos y las condiciones de desarrollo entre áreas urbanas y rurales muestran diferencias para adaptarse y transformarse ante la falta de planeación para la disponibilidad del recurso.

5.1.3. Distribución espacial de la resiliencia urbana

La disponibilidad y demanda del agua potable son afectadas por el crecimiento de la población, la contaminación, la pérdida de cubierta vegetal y la creciente expansión urbana que ocupa los espacios naturales de recarga e impide la filtración del recurso hacia los mantos acuíferos. Los mapas correspondientes a las figuras 29 y 30 muestran los índices espaciales de adaptación y transformación de la población en cada AGEB y área rural de ambos municipios.

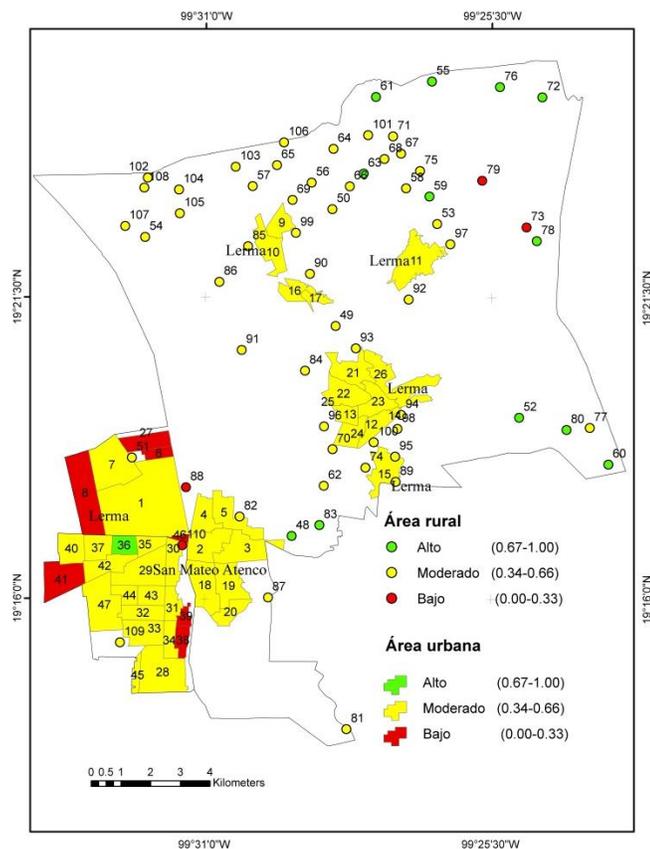
Figura 29. Índice de transformación de la población ante la escasez de agua potable, Lerma y San Mateo Atenco



Fuente: elaboración propia con base en INEGI (2010)

El índice de transformación en Lerma y San Mateo Atenco muestra condiciones desiguales. Presentan problemas de escasez, pese a estar ubicados cerca de zonas lacustres y de las fuentes de abastecimiento. La transformación alta representa sólo 17%, con mayor proporción en áreas rurales con respecto de las urbanas, seguida de la moderada, con 73%, principalmente, en las zonas urbanas. El 9% le corresponde al nivel de transformación bajo, evidenciando la escasa capacidad de respuesta de los habitantes ante la falta de agua potable.

Figura 30. Índice de adaptación de la población ante la escasez de agua potable, Lerma y San Mateo Atenco



Fuente: elaboración propia con base en INEGI (2010)

El 34% de la población de ambos municipios posee una capacidad de adaptación alta; sin embargo, su acoplamiento a nuevos contextos resultantes de la escasez del agua es favorecido por sus niveles de ingresos económicos y cercanía a las fuentes abastecimiento. Las áreas rurales muestran una capacidad de adaptación más rápida debido a la crisis constante de escasez, principalmente en temporadas de estiaje (febrero-junio); la recurrencia de este fenómeno les ha brindado previa experiencia para resolver este tipo de problemáticas.

El 60.91% muestran nivel de adaptación moderada. Se encuentran en el proceso de resiliencia urbana, por lo tanto, poseen características que alientan el desarrollo de capacidades para afrontar la escasez del agua. Finalmente, la capacidad de adaptación baja corresponde a 5.45%, que reúnen condiciones desfavorables para la resiliencia; su vulnerabilidad es acrecentada por la marginación a la que están sometidos, sin embargo, las

acciones comunitarias de solidaridad social les han permitido cierto grado de adaptación ante la escasez del agua.

Tras evaluar la resiliencia de los municipios en relación con la escasez del agua potable, fue posible apreciar que éstas no necesariamente ocurren de manera simultánea, sino que se presentan diversas tendencias a causa de las dinámicas sociales sobre la demanda y disponibilidad del agua, aunado a las condiciones del territorio, económicas y culturales.

5.1.4. Entrevistas a miembros de comités y OPDAPAS

La evaluación de la resiliencia urbana en los municipios de Lerma y San Mateo Atenco fue complementada con ocho entrevistas (ver tabla 8) diseñadas en correspondencia con tres características de la resiliencia: diversidad, redundancia y modularidad.

Las entrevistas se aplicaron a partir de las prácticas realizadas por los comités y autoridades municipales, en tanto que actores clave para el mantenimiento y control del agua, con base en acciones que fomentan las capacidades de adaptación y transformación.

I. Diversidad

La resiliencia de los municipios se caracteriza por la diversidad. Su análisis consistió en tres preguntas: la primera está relacionada con la toma de decisiones entre grupos para distribuir el agua. El resultado arroja que este tipo de decisiones se dan de forma escasa debido a la falta de participación de los habitantes; por lo tanto, los procesos de colaboración presentan poca variedad de actores con resultados parciales.

El representante del comité de agua en la comunidad de Atarasquillo, Lerma, menciona que ellos han tomado la decisión de suministrar el agua cada dos días; en el caso de San Pedro Tultepec, el abasto de agua se realiza por calles. En San Mateo Atenco, habitantes del fraccionamiento Santa Elena están organizados para garantizar el servicio del agua mediante la presión a las autoridades municipales.

El encargado de OPDAPAS en este mismo municipio menciona que los usuarios de la Colonia Álvaro Obregón reciben el agua del municipio de Metepec, por lo que las contribuciones se realizan en él; también intervino en el Barrio de Guadalupe mediante la

dotación de tuberías para la red de distribución. Lo anterior demuestra que las decisiones en torno del suministro de agua no sólo son tomadas por la población local, sino que, en casos extremos, se presenta la cooperación y colaboración por parte de municipios aledaños. Esto favorece la adaptación al contar con un factor externo y no tener que depender únicamente de las decisiones tomadas por grupos locales.

Respecto de la transformación, el análisis parte de la diversidad por medio de la segunda pregunta en relación con la coordinación entre los comités para distribuir el agua. Integrantes de los comités de cada municipio mencionaron que dicha coordinación nunca se ha presentado, pues, generalmente, administran el agua para barrios, secciones o comunidades con reducidas cantidades de habitantes. En este caso, la diversidad de actores se reduce solamente a los comités y población, y no se consideran a las autoridades municipales. Aunado a la falta de coordinación entre los comités de Lerma y San Mateo Atenco, la descentralización de los municipios, que permite el libre manejo del agua, ha provocado conflictos de interés entre comités por el control del recurso.

Finalmente, la tercera pregunta con base en la diversidad que fomenta la transformación tiene que ver con aspectos económicos: presupuestos destinados para obras y mantenimiento del agua por parte de los comités.

La diversidad para la transformación no se proyecta debido a la falta de inversión para el mantenimiento del servicio, ya que la única fuente de ingresos la representan las contribuciones de los usuarios. En San Mateo Atenco, el comité de San Lucas menciona que algunas personas no pagan el servicio a pesar del costo accesible que este presenta: 300 pesos anuales (en comparación con los precios asignados a fraccionamientos como el de Santa Elena, donde se paga bimestralmente un promedio de 900 pesos). En dicha comunidad, además de la red de distribución de agua, los habitantes cuentan con una planta tratadora a base de carbón activado, a la que acuden los habitantes para abastecerse (ver figura 31). En el caso del OPDAPAS de San Mateo Atenco, este sólo mantiene el servicio del agua por medio de las contribuciones; para los comités el pago del agua es un problema recurrente.

Figura 31. Venta de agua al público. San Lucas, San Mateo Atenco



Fuente: fotografías recopiladas en campo; 04-11-2017

Esta tratadora vende el agua a un muy bajo costo (5 pesos) a los habitantes y funciona como una fuente extra de ingresos para el mantenimiento del pozo, que requiere el pago de 12.000 pesos mensuales en energía eléctrica.

A través de medidas como esta se fomenta la transformación y la diversidad de otras fuentes de ingreso. En el caso de Lerma, los pobladores de la cabecera municipal no pagan por el servicio del agua; sólo lo hacen los habitantes de conjuntos y fraccionamientos urbanos y en la zona industrial.

II. Redundancia

Otra característica que explica la resiliencia urbana es la redundancia de la población. Para explicarla se realizaron dos preguntas. En el orden de la entrevista, la cuarta se relaciona con la retroalimentación entre los comités, que se basa en compartir experiencias en torno de la solución de problemas encaminados hacia la adaptación. En Lerma y San Mateo Atenco, los comités no mantienen ningún tipo relación entre sí ni con el OPDAPAS municipal, sin embargo, los organismos de agua de cada municipio sí otorgan asesoría técnica a los comités para la perforación de los pozos.

El presidente del comité del Barrio de Guadalupe asegura que estos no intervienen de forma alguna en la extracción, pero tampoco en el cuidado y preservación del agua de las lagunas, pues no existe relación entre ellos y los ejidatarios, pese a tratarse de zonas federales. En los ejidos de San Pedro Tultepec, San Pedro Cholula y San Mateo Atenco existen conflictos sociales debido a la apropiación de los terrenos circundantes de las lagunas. También menciona que en 1978, el agua del río Lerma aún estaba limpia; no fue sino hasta después de 1980 que el río comienza a mostrar altos niveles de contaminación,

situación que dio origen a la pérdida de costumbres en torno al cuidado de sus aguas, así como a conflictos debidos a la escasez, además de que no existe cooperación entre los ejidatarios y el municipio.

La respuesta en torno de la adaptación a la quinta pregunta, que tiene que ver con el mantenimiento de la infraestructura de la red hidráulica, arrojó los siguientes resultados: ya que en Lerma el abasto es constante y la problemática de escasez desatendida, sólo se brinda mantenimiento a la infraestructura del Sistema Lerma mediante programas y por fases o etapas, por ejemplo, la limpieza de válvulas fue realizada en 2017, los desfogues se realizarán en 2018, y así sucesivamente. No existen proyectos para el cuidado y mantenimiento por parte de la CNA.

La red de distribución tiene una antigüedad de entre 30 y 40 años y presenta problemas que provocan insuficiencias en el suministro, ya que el diámetro de las tuberías no es el adecuado para dotar del servicio a los usuarios. Esto incrementa la vulnerabilidad entre la población que carece de otro medio para su abastecimiento.

En el caso de San Mateo Atenco, la redundancia es afectada por la falta de planeación en la distribución y en la recuperación de la cuenca. Entre 1982 y 1990, en este municipio se realizaban faenas de limpieza en el río Lerma, pero las crecientes urbanización e industrialización ganaron espacio sobre las áreas naturales y el aumento de la contaminación impidió que esas labores continuaran (ver figura 32).

Figura 32. Faenas de limpieza en el río Lerma, 1982-1990



Fuente: fotografías recopiladas en campo; 19-03-2017

III. Modularidad

La modularidad también fomenta la resiliencia urbana, pues se enfoca en las fuentes alternas de agua e infraestructura para brindar el servicio a los usuarios. Esta característica

se relaciona con la autosuficiencia, por lo que la interrupción en las redes de suministro, tanto internas como externas, no afectaría a la población al contar con otras alternativas de abastecimiento.

Para determinar la modularidad de la población fueron elaboradas dos preguntas; la sexta se refiere a las fuentes alternas de agua que promueven la transformación. En el caso de Lerma, el municipio recibe agua de dos fuentes principales: el Sistema Lerma y el Cutzamala. La población menciona que solamente cuentan con los pozos, que anteriormente tenían una profundidad de entre 60 y 100 metros, pero en la actualidad alcanzan profundidades de hasta 300. Algunas personas almacenan agua en cisternas y tinacos y algunas viviendas cuentan con hasta tres tomas de agua como alternativa cuando esta se tandeo por calles. Las principales transformaciones entre la población de Lerma se observan en las áreas rurales, como San Pedro Tultepec, ya que dotan a la comunidad por medio de pipas durante la temporada de estiaje (enero-mayo, en ocasiones hasta junio).

En San Mateo Atenco, fraccionamientos como el de Santa Elena cuentan con pozos propios. En este municipio también se suministra a las comunidades rurales por medio de pipas; además, algunas viviendas cuentan con pozos artesanales, de tres a cuatro metros de profundidad, provistos de agua durante todo el año.

La séptima pregunta de la modularidad se refiere a los proyectos destinados para el cuidado del agua en fomento a la adaptación. Lerma y San Mateo Atenco no cuentan con proyectos para el cuidado del agua, sólo implementan medidas de respuesta en el momento en que surge un problema. Las comunidades rurales de Lerma suministran agua para uso agrícola, incluso a lugares tan alejados como Jocotitlán. En San Mateo Atenco no se pone atención en las reservas de agua, sólo se han construido algunos bordos para que las ciénagas no se contaminen.

El encargado del comité de agua de San Lucas menciona que a pesar de que las ciénagas de Chicognahuapan se ubican entre los límites de ambas demarcaciones, ninguna de ellas ha presentado ni un solo proyecto para su conservación; sí se aprecia, en cambio, la falta de aplicación de las normas en beneficio del medio ambiente.

Otra medida puesta en práctica era la de mantener abiertas las zanjas que fungían como fuente de captación del agua; actualmente, estas se encuentran tapadas para que las obras de construcción y entubado puedan continuar. Cabe mencionar que en San Mateo

Atenco se tiene en consideración la vida útil de los pozos (50 años) como el límite para dar inicio a los procesos de mantenimiento.

Cierre del capítulo

A manera de conclusiones, queda expuesto que el índice de resiliencia urbana aquí presentado muestra las diferencias que pueden llegar a existir entre los comportamientos de la adaptación y la transformación, permitiendo apreciar que sus procesos ocurren de modos distintos: la capacidad de transformación es lenta y se mantiene constante, mientras que la de adaptación se da a una velocidad mayor, impidiendo su asimilación por los pobladores. Los habitantes de ambos municipios presentan una adaptación y transformación invariables debido a la escasez del agua potable.

La aplicación de este índice presentó un panorama general de las condiciones en los municipios evaluados. Pese a estar ubicados en zonas lacustres cercanas al río Lerma, muestran niveles desiguales de resiliencia, gracias a la concentración de industrias que requieren el consumo de enormes volúmenes de agua, que, a la vez, es enviada de vuelta al lecho del río, altamente contaminada y, en muchos casos, sin ninguna clase de tratamiento. En la realización de este estudio se detectó la pertinencia de incorporar la gestión del agua no sólo desde una perspectiva social, sino desde las mismas condiciones naturales en pos de preservar las fuentes naturales de abastecimiento.

Con base en las entrevistas realizadas a miembros de los comités locales y OPDAPAS municipales que tienen a su cargo el control y manejo del agua, queda en evidencia la inexistencia de coordinación, falta de colaboración entre sociedad y gobiernos, y el desconocimiento generalizado de la población sobre las extracciones de agua en sus municipios, que es suministrada a la capital del país. En cuanto a las medidas para la conservación del recurso, sólo han sido tomadas aquellas que se refieren al mantenimiento de la infraestructura hidráulica, sin considerar el cuidado y la preservación que requieren y demandan las fuentes de extracción.

Capítulo 6. Discusión de resultados

En este apartado se realizará un análisis general en torno de las normas sobre el agua, el diagnóstico y el índice de resiliencia propuestos con base en la teoría revisada en capítulos previos, y serán discutidos los actores y factores que determinan la resiliencia urbana a partir de tres aspectos: diversidad, redundancia y modularidad en Lerma y San Mateo Atenco para la adaptación y la transformación.

Sobre la adaptación, se tomarán en cuenta los aspectos ambiental, social y económico, que determinan el alcance y la accesibilidad a servicios básicos como el agua potable. Para la transformación, el enfoque será dirigido hacia las políticas y estrategias de planeación puestas en práctica por los comités para la distribución del agua a los usuarios.

Por último, se evaluará el estado de resiliencia en ambos municipios en relación con la influencia ejercido por parte de los actores clave en el control y manejo del agua como estructuras básicas para determinar su condición como resilientes ante la escasez del agua.

6.1. Perturbaciones en la adaptación

Como ya ha sido mencionado, la adaptación de los municipios se ve obstruida debido a varios factores, como el crecimiento urbano, el estado de la infraestructura de suministro, los bajos niveles de disponibilidad en la cuenca y las afectaciones a las fuentes de abastecimiento, a los patrones de ocupación del suelo, a la falta de consideración de las políticas normativas y de protección ambiental y a los procesos naturales de recarga de los acuíferos en el Valle de Toluca.

Los municipios presentan disyuntivas opuestas entre el medio ambiente y la sociedad que, lejos de favorecer la estabilidad entre disponibilidad y demanda, han fomentado la escasez del recurso a causa de su incipiente integración. En las figuras 33 y 34 se muestra la ocupación y el asentamiento de viviendas sobre las ciénagas de Chimaliapan, ubicadas en la comunidad de San Pedro Tultepec, entre los límites de Lerma y San Mateo Atenco.

Figura 33. Construcción de viviendas



Figura 34. Desechos de construcciones



Fuente: Fotografías tomadas en campo, ciénagas de Chimaliapan, Lerma; 21-01-2017

De continuar este descontrolado proceso de crecimiento urbano, existe una gran probabilidad de que las ciénagas desaparezcan. Un precedente inmediato de esto quedó asentado por las ciénagas de Chignahuapan, en la cabecera municipal de Lerma, donde la expansión urbana las invadió hasta provocar su desaparición total (ver figura 35), poniendo de manifiesto la falta de control y concordancia entre el plan de desarrollo urbano y el Ordenamiento Ecológico municipal.

Figura 35. Viviendas en las ciénagas de Chignahuapan



Fuente: Fotografías tomadas en campo, ciénagas de Chignahuapan, Lerma; 01-11-2016

El crecimiento urbano fomenta la ocupación de espacios naturales inviables para el suministro de servicios como la distribución de agua potable. Actualmente, la disponibilidad del recurso disminuye porque aumenta la demanda, lo que impide la recarga de los mantos acuíferos y la recuperación debida al volumen excesivo de extracción. Este problema ambiental pone en riesgo la adaptación de los municipios, haciéndolos vulnerables a la escasez.

El aumento de población se ve reflejado en la demanda de suelo para la construcción de viviendas. La expansión urbana crecerá sobre las ciénagas de Chimaliapan, como lo hizo antes sobre la de Chignahuapan, haciendo caso omiso del Ordenamiento Ecológico; por lo tanto, resulta imperativo implementar mecanismos de respuesta para la adaptación de los municipios ante la futura escasez del agua.

La adaptación se verá reducida aún más a causa de los decretos de veda, originalmente establecidos con el fin de proteger el acuífero del Valle de Toluca, pero que no han favorecido su recuperación, pues lejos de mitigar los efectos del problema –la extracción para uso doméstico, industrial y agrícola–, se sumaron a ellos la demanda y suministro para la Ciudad de México.

El proceso de adaptación que presentan los municipios no está acorde con las condiciones de disponibilidad de agua en el acuífero; por el contrario, se continúa extrayendo más de la que se encuentra dentro del umbral para mantenerla en un nivel de resiliencia alta. Con respecto del umbral que señala los niveles de agua disponible, los municipios se encuentran apenas dentro de los límites permisibles, haciéndolos resilientes por la cantidad de agua de la que disponen a nivel de la cuenca, ubicándose entre los 1 000 y 1 700 m³/hab/año media per cápita en 2015. Por otro lado, pese a la cantidad de agua con

la que cuentan, esta no reúne la calidad suficiente para el consumo humano y, peor aún, se sigue contaminando, ya que las aguas residuales no son tratadas para su reaprovechamiento.

Los municipios no han implementado las medidas de conservación o recuperación de las fuentes de abastecimiento; sólo manejan programas sobre cultura del agua, pero no planes ni proyectos estructurales y no estructurales que permitan reducir la vulnerabilidad y aumentar la seguridad de las ciudades por medio de su preservación.

El abastecimiento del agua potable se concentra sólo en determinados lugares del territorio, gracias a la solvencia económica de sus habitantes para asumir el costo del servicio, así como al uso como principal insumo de las industrias, permitiendo entrever una adaptación diferenciada.

Lerma y San Mateo Atenco presentan inestabilidades en cuanto a las normas para el control y manejo del agua y a los procesos de toma de decisiones entre las partes interesadas. También enfrentan el proceso de la privatización del recurso, favorecido por las modificaciones a los artículos 27 y 115 Constitucionales.

Sin embargo, existen mecanismos alternos como la organización y cooperación entre los comités locales y los pobladores, ya que al abastecen de agua a las comunidades rurales a cambio del pago por el servicio a un bajo costo anual, se facilita su adaptación.

6.2. Perturbaciones en la transformación

Con respecto de la transformación urbana, las medidas tomadas por parte de los organismos municipales y los comités locales están centradas en el mantenimiento y conservación de la infraestructura hidráulica para la distribución del agua. En lo que se refiere al medio ambiente, se han implementado programas de conservación de los mantos acuíferos y de zonas lacustres compartidas por ambos municipios, sin embargo, no han tenido el impacto deseado para la preservación ni restringir el crecimiento urbano sobre las áreas de reserva natural.

Los comités y OPDAPAS municipales buscan satisfacer intereses opuestos bajo la misma consigna: el abastecimiento del agua a los habitantes. Las normas y estrategias de planeación descritas en el capítulo 2 le competen única y exclusivamente tanto a los OPDAPAS de Lerma y San Mateo Atenco como al sector privado, quedando al margen los

comités locales, que no poseen reconocimiento jurídico para el control y manejo del agua, y que, sin embargo, realizan actividades de administración y distribución.

La ONU (2002), en su apartado sobre Derechos Económicos, Sociales y Culturales, considera al agua como un bien social y cultural, y no económico. Los comités serían capaces de ser reconocidos al amparo de este derecho, ya que son independientes y perviven dentro de las comunidades de Lerma y San Mateo Atenco gracias a acuerdos establecidos directamente con los usuarios.

La mayor desventaja que representan estos comités es su falta de mantenimiento a la red de distribución y de los pozos con mayor demanda de agua, lo que afecta a los beneficiarios de sus servicios. La escasa coordinación y nula comunicación entre los comités y los organismos municipales, y entre los propios comités, han evitado que su trabajo se materialice en acciones locales. Aunados a la falta de control en el crecimiento urbano y la protección del medio ambiente, los comités locales de distribución del agua también socavan la capacidad de transformación de los municipios.

La comunicación entre los administradores del agua es parcial, ya que no promueven la coordinación y colaboración entre actores. En medio de ellos surge el usuario externo, caso de la Ciudad de México, que sólo administra el abastecimiento del agua para sí misma, sin involucrarse con los actores locales; a la capital del país se suman los ejidatarios de la región de las ciénagas.

Los procesos de expansión de ambos municipios han provocado cambios y alteraciones sobre el territorio que ocupan. Lerma presenta un grado de urbanización de 48.31% y su población cada vez tiene una mayor cobertura y acceso a bienes, servicios e infraestructura. Otro de los cambios que se presentan tiene que ver con la superficie impermeable; la figura 7, basada en los argumentos de Jha (2013), permite apreciar que este municipio se encuentra en la fase B, con 10-20% de permeabilidad del suelo y un aprovechamiento de la infiltración del agua de sólo 21%.

En el caso de San Mateo Atenco, su grado de urbanización es de 99.32%, mayor en comparación con Lerma, sin embargo, su extensión territorial es inferior. Con base en la misma figura 7, este municipio se encuentra en la fase C, con 30% de escorrentía, es decir, menor captación de agua –sólo 20% de infiltración– y 35-50% de superficie impermeable; esto genera afectaciones en la recarga de los mantos acuíferos y se traduce en escasez.

En las comunidades rurales las afectaciones al medio ambiente son observadas en menor grado. La demanda de agua es suministrada mediante tandeo; el suministro de agua no es constante, pero esto ha permitido que la población adopte medidas de almacenaje y preservación, lo que significa que se encuentran inmersos en un proceso de transformación debido a las condiciones en el abasto del agua. Además, se mantienen en constante adaptación, incluso permaneciendo dentro del umbral crítico. Sin embargo, poco a poco las áreas rurales comienzan a presentar tendencias de urbanización que, a largo plazo, afectarán la disponibilidad del agua.

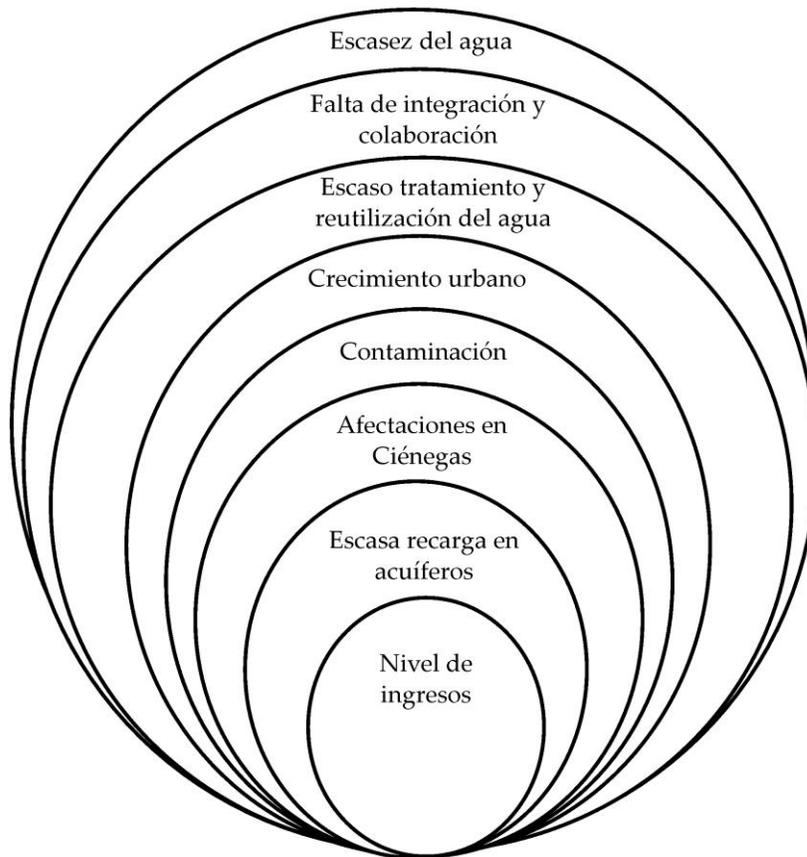
Su calidad es un factor que reduce el abastecimiento, ya que no se cuenta con plantas de tratamiento, fuentes confiables o, simplemente, se requieren excavaciones a una mayor profundidad para su extracción, lo que, a su vez, implica mayores costos. Las fuentes de abastecimiento del agua potable funcionan como regla y condicionan a las ciudades; también determinan el ritmo para la adaptación de los municipios en relación con el consumo y distribución del recurso, y denota la carencia de flexibilidad respecto de las normas y procesos de toma de decisiones por parte de sus administradores.

Aunque un mínimo porcentaje de las aguas de desecho son tratadas por Reciclagua, estas no son aptas para uso y consumo humano debido a la falta de reglamentación al respecto, y a que la Norma Oficial Mexicana NOM-003-ECOL-1997 no considera las aguas tratadas para tal efecto; sólo establece los límites máximos permisibles de contaminantes en aguas residuales tratadas que se reutilicen para servicios al público. En el punto 3.11, considera su reutilización para el llenado de lagos y canales artificiales recreativos con paseos en lancha, remo, canotaje y esquí; fuentes de ornato, lavado de vehículos, riego de parques y jardines (DOF, 1998).

Existe otro factor externo a los municipios que también afecta la resiliencia urbana: la construcción del Tren Interurbano México-Toluca. Dado que es altamente probable que la población de estos dos municipios aumentará durante y después de este proceso, la demanda de bienes y servicios, como el agua potable, se verá incrementada. Además, el ritmo del crecimiento se verá acelerado a causa de los flujos migratorios que favorecerá este medio de transporte.

A modo de resumen, la figura 36 muestra todos los factores que inciden en la reducción de la resiliencia urbana.

Figura 36. Factores que reducen la resiliencia urbana



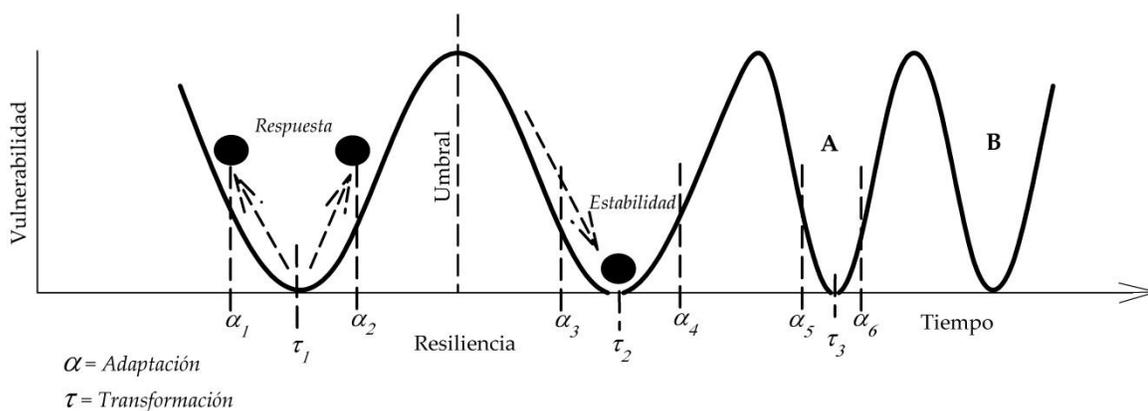
Fuente: elaboración propia

6.3.El estado de resiliencia de Lerma y San Mateo Atenco

Con base en el diagnóstico presentado a lo largo de este trabajo, ambos municipios se encuentran expuestos a la escasez del agua. Para afrontar este problema es necesario implementar nuevas estrategias de seguridad para la preservación del recurso, pues no sólo es afectado por condiciones y elementos locales, sino también externos (la extracción del agua para la ciudad de México y la vulnerabilidad climática, entre otros).

La figura 37 muestra el estado de la resiliencia en los municipios; este se enfoca al desarrollo de la resiliencia urbana de forma estructural y representa la situación de ambos municipios con base en los procesos de respuesta, considerando la vulnerabilidad, el umbral y la estabilidad como puntos de equilibrio entre ellos y la escasez del agua potable.

Figura 37. Dinámica de la resiliencia de Lerma y San Mateo Atenco



Fuente: elaboración propia con base en Liao (2012)

De acuerdo con lo anterior, Lerma y San Mateo Atenco se ubican en el proceso de respuesta, donde α_1 y α_2 representan las oscilaciones durante la etapa de escasez y de respuesta, que es el momento en el que se busca la adaptación, y τ_1 la estabilidad, que es cuando se supera el problema, alcanzando la transformación.

El momento en que da inicio el proceso de adaptación es el mismo en el que comienza la transformación, y dadas las dinámicas de demanda y disponibilidad del agua, se perfilan cambios graduales debido a la magnitud y la presión del problema, hasta que

alcanzan el umbral, que se evidencia gracias a cambios repentinos en la transformación hacia un nuevo estado.

Durante el proceso de adaptación, se presentan oscilaciones como respuesta ante el cambio. A medida que transcurre el tiempo, la presión que ejerce la escasez conduce a una situación crítica que obliga a cruzar el umbral o régimen, como menciona Holling (1973). La adaptación será más rápida en la medida en que pase el tiempo, puesto que se llevó a cabo un proceso de retroalimentación previo y las medidas de respuesta decrecerán a corto plazo. Lo anterior se expresa de la siguiente manera:

$$\textit{Adaptación} = \alpha_1 = \alpha_2 < \alpha_3 = \alpha_4 < \alpha_5 = \alpha_6 \quad (6)$$

Teóricamente, al cruzar el umbral se alcanzaría la estabilidad entre demanda y disponibilidad. Es la etapa en la que se apreciaría el modo en que las medidas estructurales y no estructurales implementadas por cada municipio favorecen la transformación. Con el transcurso del tiempo, esta se dará de forma más acelerada como resultado de las acciones implementadas previamente, lo que queda expresado de la siguiente manera:

$$\textit{Transformación} = \tau_1 < \tau_2 < \tau_3 \quad (7)$$

De la misma manera, las fases de respuesta serán eficaces y eficientes a medida que sean implementadas durante la etapa de crisis, hasta alcanzar la estabilidad, por lo que los puntos A y B de la figura 33 representan una transición rápida de adaptación y transformación a corto plazo.

El aumento de la resiliencia urbana a partir de la reducción de la vulnerabilidad se dará en el menor tiempo posible dentro de un umbral aceptable que facilite la estabilidad.

Aunado a esto, existen actores y factores capaces de facilitar la resiliencia urbana mediante la práctica de acciones a corto, mediano o largo plazo, o bien, que permiten identificar condiciones de vulnerabilidad específicas por resolver, y que se clasifican en diversas, redundantes y modulares.

6.4. Medidas para aumentar la resiliencia urbana

Las medidas de respuesta para aumentar la resiliencia de los municipios de Lerma y San Mateo Atenco están determinadas por tres características: la primera es la diversidad, que se refiere a la colaboración durante la toma de decisiones y aplicación de normas para el mantenimiento del agua, así como a la participación de los diversos actores involucrados en la materia; la segunda es la redundancia, que se enfoca en las alternativas u opciones para el suministro sin intervenir ni afectar las funciones urbanas; la tercera es la modularidad, y se relaciona con la autosuficiencia y autonomía, de modo que cuando una función entre en crisis, no afecta a las demás (TKF, 2015).

I. Diversidad

Las medidas de respuesta implementadas en Lerma y San Mateo Atenco con vías a la transformación en torno de la problemática de la escasez del agua, comprende acuerdos y políticas administrativas para el cuidado y preservación del recurso, tanto a nivel superficial como subterráneo, por parte de los organismos gubernamentales y comités locales.

En el aspecto ambiental, cada municipio cuenta con el Ordenamiento Ecológico, que limita y controla los usos de suelo, pero que, sin embargo, no son aplicados, reflejándose en la pérdida de zonas lacustres, como las ciénagas, y en la cada vez mayor y desmedida contaminación del río Lerma. A esto se suma la deforestación, que favorece el crecimiento y expansión urbanas sobre los espacios naturales de reserva.

En términos de actores, la diversidad en cada municipio la presentan los comités autónomos locales y los OPDAPAS municipales. Cada uno de ellos realiza funciones básicas para suministrar el agua a los usuarios, pero cualquier fallo en sus sistemas provoca la interrupción en el servicio, y el mayor grado de afectaciones tienen lugar en zonas urbanas; en contraste, las áreas rurales no son afectadas de manera drástica debido a que presentan autonomía y su interdependencia es menor.

Un tercer actor fue identificado durante la aplicación de la entrevista (ver capítulo 5): se trata de los ejidatarios de la región de las ciénagas de Chicognahuapan, que influyen de manera indirecta en el cuidado, preservación y disponibilidad del agua. El cuarto actor que interviene en el control y manejo del agua es la iniciativa privada, a quien le es

otorgado el poder para explotar y distribuir el recurso por medio de concesiones otorgadas por los gobiernos.

Las medidas de diversidad son afectadas debido a la falta de coordinación entre actores, y la transformación de los municipios es socavada gracias a los conflictos y disputas que se presentan entre ellos por el control del agua.

II. Redundancia

La adaptación de la población de ambos municipios por medios redundantes, y la consecuente modificación de sus estilos de vida en torno al agua, les permitirán permanecer como resilientes. Ante la escasez, los habitantes han comenzado a tomar medidas de adaptación, como tomas clandestinas y el uso común de un pozo artesanal ubicado en la localidad de San Pedro Tultepec, Lerma (ver figura 38).

Figura 38. Medidas de adaptación implementadas por los pobladores de San Pedro Tultepec, Lerma, 2017



Fuente: Fotografías tomadas en campo; 21/01/2017

En San Mateo Atenco, la implementación de este tipo de medidas presenta mayores dificultades respecto de la disponibilidad del recurso, debido al aumento en la profundidad para su extracción y a la gran cantidad de pobladores que atiende el municipio. Cabe recalcar que en él se encuentra la localidad de San Lucas, que cuenta, como medida de adaptación, con una planta de tratamiento de agua potabilizada y ofrece el recurso a un bajo costo (figura 39).

Figura 39. Medidas de adaptación implementadas por los pobladores de San Lucas, San Mateo Atenco, 2017



Fuente: Fotografías tomadas en campo; 11/04/2017

Ambos municipios presentan condiciones similares de adaptación en las áreas urbanas, sin embargo, el proceso se ve obstaculizado gracias al desmedido crecimiento poblacional, a la contaminación, la baja disponibilidad del agua en los acuíferos, la pérdida de zonas naturales de recarga y al no contar con fuentes alternas.

Las áreas rurales también presentan condiciones similares de adaptación; esto se debe al bajo nivel de afectaciones sobre las áreas verdes, a la limitada demanda de agua y a las profundidades (150 m, en promedio) de extracción.

III. Modularidad

Las medidas tomadas para satisfacer la demanda y mantener la disponibilidad del agua potable por los comités locales y organismos municipales están centradas en el mantenimiento de la red de distribución y en la construcción de nuevos pozos.

Pese a que se encuentra ubicada entre ambos municipios, la planta tratadora Reclaclagua no se ha convertido en un factor determinante para paliar el problema de la escasez; su labor sólo consiste en el tratamiento del agua de desecho industrial, sin embargo, una vez concluido el proceso de limpieza, el agua no es reutilizada en ninguna otra actividad, sino devuelta al cauce del río Lerma.

Las medidas estructurales que fomentan la transformación de los municipios son incipientes. En el caso de San Mateo Atenco, la comunidad de San Lucas cuenta con una planta tratadora de agua a base de carbón activado (figura 40); Lerma, por su parte, posee filtros que funcionan con la misma técnica para limpiar el agua potable (figura 41). Estas medidas favorecen la transformación, sin embargo, no hacen más que poner de manifiesto

el fondo del problema: primero, el recurso continúa siendo sobreexplotado; segundo, no se tiene en consideración la preservación de las fuentes de agua en calidad de zonas de recarga; y tercero, los organismos que controlan el agua sólo han generado conflictos entre ellos y la población, pues se muestran incapaces de fomentar la integración, cooperación, coordinación e inclusión social.

Es importante mencionar que la participación de la iniciativa privada en la administración del agua no genera certidumbre en cuanto a la preservación del recurso, a su acceso y a la cobertura a un número cada vez mayor de habitantes; se trata solamente de la incorporación de un actor más para disputar el control sobre el recurso. Esta nueva configuración en la administración del agua resulta en un tipo de resiliencia perversa que favorece únicamente a ciertos sectores de la población (Hordijk, 2014).

Figura 40. Tratadora de agua, San Mateo Atenco



Figura 41. Filtros de agua a base de carbón activo, Lerma

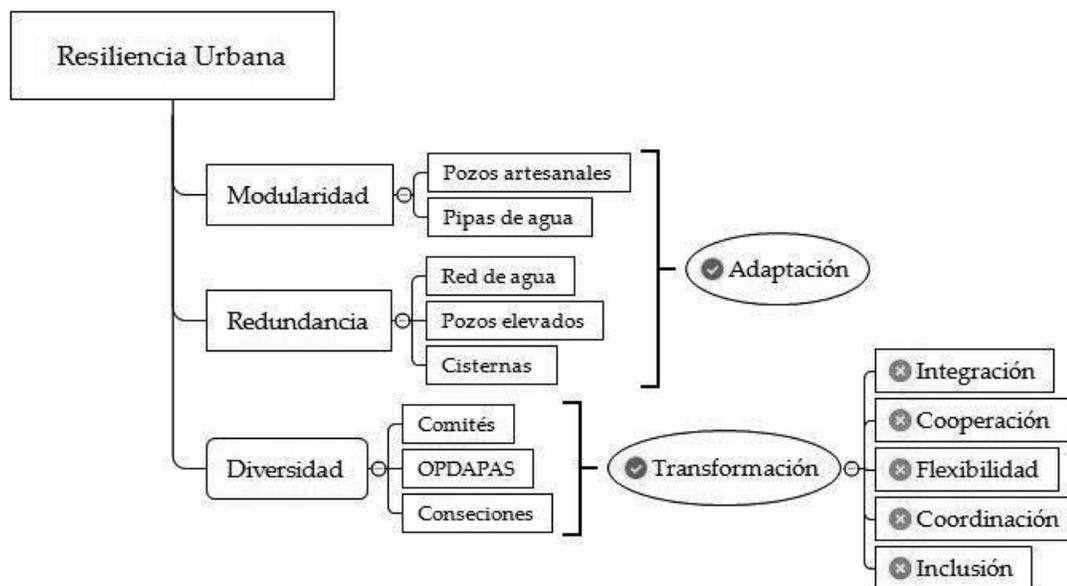


Fuente: Fotografías tomadas en campo; 02/11/2016

Los municipios carecen de programas ambientales de reforestación y conservación de las áreas de recarga. En San Mateo Atenco sólo se han levantado bordos para preservar el agua y evitar que sea contaminada por la del río. En Lerma, el proceso de crecimiento urbano invade las ciénagas y la falta de su planeación reduce las probabilidades de su recuperación.

A modo de resumen, la figura 42 muestra la relación de las medidas de respuesta con las características de la resiliencia urbana.

Figura 42. Actores y factores que determinan la resiliencia de Lerma y San Mateo Atenco, 2010-2017

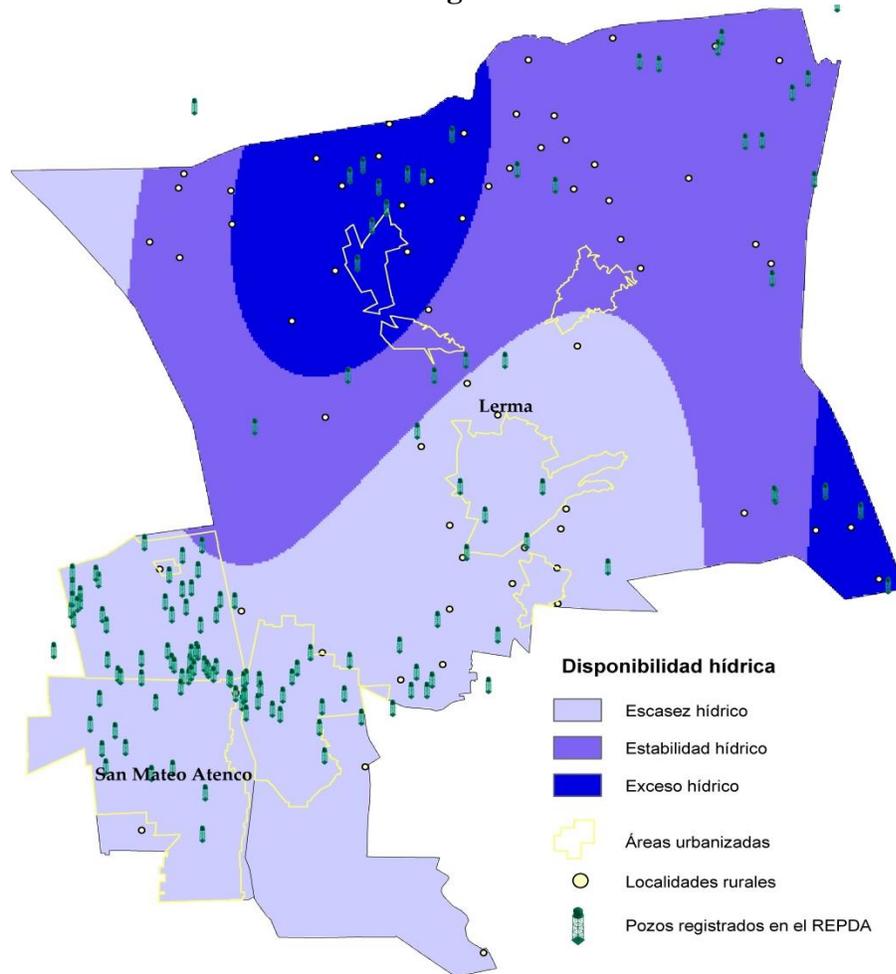


Fuente: elaboración propia con base en el diagnóstico

Los municipios se adaptan y transforman conforme a las condiciones de escasez del agua potable. Los factores que determinan la adaptación son dictados por la modularidad y la redundancia, así como por la diversidad mediante acuerdos y políticas entre los actores que controlan el agua. La diversidad de los actores se da con base en el grado de independencia que cada uno mantiene y por el nivel de respuesta brindado ante la problemática de que se ocupa este trabajo. El nivel estable en la disposición de agua que se mantiene en ambos municipios les permite transformarse.

Además de los actores y factores que fomentan la resiliencia, los territorios que ocupan Lerma y San Mateo Atenco presentan distintas condiciones de resiliencia determinadas por la vulnerabilidad ante la disponibilidad del agua. En el esquema 43 se muestra una triple clasificación con base en la ubicación de las poblaciones.

Figura 43. Resiliencia de Lerma y San Mateo Atenco con base en la disponibilidad de agua



Fuente: elaboración propia con base en (INEGI, 2001d) y (CONAGUA, 1951-2010)

La disponibilidad del agua establece los patrones de resiliencia en Lerma y San Mateo Atenco. La zona de mayor escasez corresponde a las zonas de alta concentración urbana, donde, irónicamente, se dispone de mayor infraestructura hidráulica y de pozos; es seguida por la zona estable, conformada básicamente por áreas rurales, y, por último, la zona con exceso hídrico, con menor concentración de población.

Cierre del capítulo

A manera de conclusiones, es posible apreciar que en la adaptación de los municipios intervienen las actividades de respuesta y organización por parte de los comités locales y de los organismos municipales que administran el agua. Entre esas medidas se contemplan la construcción de más pozos a mayor profundidad y la implementación de fuentes alternas para la extracción, como los pozos artesanales y el abastecimiento mediante pipas. Queda evidenciado, también, que, pese a la magnitud de la problemática, existe poca o nula comunicación y cooperación entre los comités locales, OPDAPAS y ejidatarios a la hora de llevar a cabo dichas acciones.

La resiliencia no sólo tiene lugar en zonas urbanas, también ocurre entre las comunidades rurales, donde la escasez es recurrente. Sin embargo, la crisis del agua ha orillado a los habitantes a tomar medidas de adaptación rápida, minimizando los riesgos de afectación; entre ellas, destacan el uso de tomas clandestina y el tratamiento del agua mediante plantas potabilizadoras. Lo anterior fomenta la transformación y se traduce en bienestar para algunas zonas de los municipios.

Aunque las acciones realizadas por los actores han derivado en conflictos por el control y la administración del agua, también han impactado de modo favorable para la resiliencia de los municipios; esto se debe a que los servicios brindados alcanzan sólo a pequeños sectores de la población, por lo tanto, cuando el servicio falla, lo hace sin afectar al resto de la población o del territorio municipal, haciéndolos resilientes.

Por último, queda señalar que la transición en el control y manejo del agua del sector público al privado no garantiza una mayor cobertura ni el incremento de la calidad del recurso, y tampoco representa una solución al problema de escasez; sólo privilegia a una ínfima fracción de la población que cuenta con los recursos económicos suficientes para pagarlo, a costa del resto de los habitantes, a quienes se les arrebató el derecho que tienen, como seres humanos, para acceder a ella.

Capítulo 7. Conclusiones

Los datos recabados tras el presente análisis de la resiliencia urbana en los municipios de Lerma y San Mateo Atenco indican que éstos se encuentran inmersos en un proceso de adaptación y transformación, debido a la gran cantidad de pozos construidos para solventar la demanda de agua de sus habitantes, pero sin tener en consideración las medidas para la conservación de las fuentes de este recurso.

A lo anterior, deben sumarse factores como la competencia por parte de los tres actores –los comités locales, los organismos municipales y la iniciativa privada– por el control y manejo del líquido, las deficiencias internas de éstos en relación con la organización y suministro de recurso, el incremento en los niveles de consumo ocasionado por los ritmos acelerados de crecimiento demográfico y expansión urbana, y la falta inversiones económicas para la preservación del medio ambiente y zonas naturales de reserva.

Respecto de la adaptación de los municipios, las medidas estructurales implementadas para fomentar la modularidad y la redundancia buscan estimular las dinámicas entre demanda y disponibilidad del agua para ubicarse dentro de la fase de respuesta ante la escasez.

Las oscilaciones registradas a lo largo de este estudio evidencian que, pese a que sus procesos de adaptación y transformación todavía no alcanzan el equilibrio deseado, no han entrado en la fase crítica que les permita cruzar el umbral, por lo que se ubican en un intervalo de vulnerabilidad estable que les permite sobreponerse a la escasez. La carencia de agua en temporada de estiaje es suministrada mediante pipas y pozos artesanales en ambos municipios.

En cuanto a la transformación, la implementación de acciones no estructurales –las políticas, reglamentos y acuerdos realizados entre los comités locales y OPDPAS municipales– en ambos municipios no han presentado los resultados deseados. Las vedas decretadas en torno de la perforación y extracción de las aguas del Sistema Lerma no han ejercido efecto alguno en la recuperación de los acuíferos; todo lo contrario, las extracciones se realizan de manera excesiva, a lo que se debe sumar la falta de normatividad técnica para su preservación. Las vedas impuestas han demostrado ser

insuficientes, pues solamente representan acciones paliativas que no fomentan el mejoramiento gradual a corto, mediano y largo plazo.

En este contexto, cabe resaltar que la problemática de escasez no sólo se debe a factores internos; elementos externos a los municipios –caso la ciudad de México, que se abastece con el agua del Sistema Lerma– influyen en su resiliencia.

La nula relación estructural entre todos estos actores ha permitido que cada uno, en pleno ejercicio de su autonomía, plantee soluciones aisladas y particulares, no generalizadas, y deficientes planeaciones e inversiones a futuro para el mantenimiento del agua ante el aumento constante de la población y la variabilidad climática.

Otros actores –ejidatarios, SEMARNAT e iniciativa privada– también intervienen en el proceso de resiliencia. Los primeros mantienen control sobre las ciénagas de Chimaliapan, entre los límites de Lerma y San Mateo Atenco; su preocupación no está enfocada en preservar esta zona natural de recarga, sino en esperar a que se deseque en su totalidad y destinar esas tierras para su cultivo. La segunda ha catalogado a esta zona como federal, pero no ha llevado a cabo un proceso de coordinación y colaboración con los ejidatarios para su preservación. La tercera recibe concesiones por parte del gobierno para el manejo del agua mediante convenios de perforación y extracción.

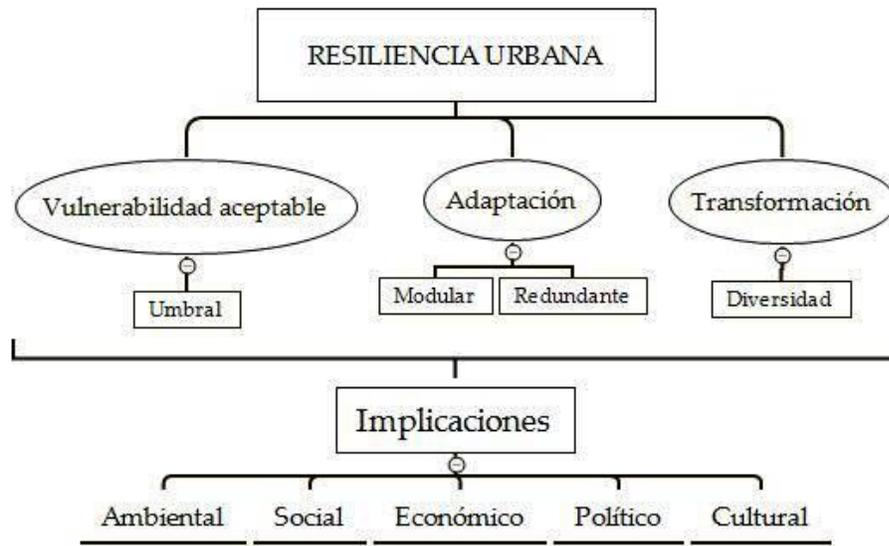
El mal estado de la infraestructura hidráulica reduce el acceso de la población al agua debido a la falta de mantenimiento, ya que esta llega a sobrepasar el límite de su vida útil –algunos materiales y equipamientos alcanzan 20 años o más de antigüedad–, y el *Programa de Ordenamiento Ecológico* no es tomado en consideración por los gobiernos municipales durante los procesos de su crecimiento y expansión.

En cuanto al fomento a la cultura para el cuidado del agua, el comité local de la comunidad de Huitzitzilapan, Lerma, imparte cursos de capacitación para sus empleados por medio de la Escuelita del Agua, donde se les prepara en cuestiones administrativas y técnicas para el control y manejo del agua, sin la intervención del gobierno municipal, lo que los hace resilientes por autosuficiencia. En San Mateo Atenco, el barrio de San Lucas cuenta con una planta tratadora de agua que le permite al comité dotar de agua a sus pobladores; además, sirve como una fuente alternativa de ingresos para el mantenimiento de la red hidráulica.

Como disciplina encargada del estudio de la resiliencia, el urbanismo plantea un enfoque dirigido al análisis integral de la relación entre sistemas como parte de la gestión; asimismo, valora el problema desde sus contextos interno y externo. En la elaboración metodológica de la presente propuesta fueron utilizadas variables ecológicas, sociales y económicas que, en conjunto, permitieron valorar la resiliencia urbana a través de su interacción y organización. Sin embargo, esta presenta un orden definido por las actividades que cada uno de los actores involucrados ejerce dentro del sistema, y por la coordinación de acciones encaminadas a resolver el problema de la escasez del agua.

La metodología propuesta es aplicable en diversas escalas de análisis, ya sea municipal, estatal, metropolitano o regional (ver figura 44), sin embargo, está sujeta a cambios. Durante su aplicación fue necesario corregir algunos aspectos referidos a la parte ambiental; esto se debió, principalmente, a la falta de información en lo concerniente a los umbrales, por lo que se considera pertinente profundizar sobre este tema. En cuanto a la parte social, específicamente en la sección de las entrevistas, también se sugiere ampliar la cobertura de los actores implicados en la administración del agua e incluir a los ejidatarios y SEMARNAT. En el aspecto económico, fueron encontrados problemas en cuanto a disponibilidad de información en la base de datos de INEGI, como en el caso de los salarios mínimos.

Figura 44. Análisis de la resiliencia urbana



Fuente: elaboración propia

Las variables empleadas permitieron explicar la complejidad del problema de la escasez del agua. Como elemento de análisis para evaluar la resiliencia urbana, el recurso mantiene una relación con problemáticas tanto internas como externas, lo que amplía una gama de respuestas y transiciones en beneficio de la adaptación y la transformación.

Con base en los resultados, se hace una abierta invitación a los gobiernos municipales de Lerma y San Mateo Atenco para la adopción, inversión e implementación de medidas de infraestructura verde que favorezcan la recarga de los acuíferos, como parques hídricos, vasos reguladores, camellones infiltrantes y Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS) para la captación del agua pluvial y aprovechamiento de las aguas residuales tratadas con Reciclagua. La implantación de este tipo de medidas se propone para las zonas donde se observa mayor escasez, de acuerdo con la figura 43.

Considerar las afectaciones a los sistemas Lerma y Cutzamala, ocasionadas por el abastecimiento de agua para la Ciudad de México, en ambos municipios permitirá elaborar propuestas estratégicas de planeación urbana y preservación ecológica a corto, mediano y largo plazos, así como la inversión en la gestión del recurso y en la conservación y rehabilitación de las ciénagas y bosques de la región, que suministran 75% del agua dulce (FAO, 2011).

Los resultados obtenidos por este estudio indican que el territorio sobre el que se erigen ambos municipios presenta distintas áreas con disponibilidad de agua (ver figura 43). Es posible observar, también, la distribución y concentración de la población y de los pozos de extracción, indicadores del estado de disponibilidad del agua; por lo tanto, la resiliencia de cada municipio no sólo se define por las actividades que en él se realizan para preservar el agua, sino por las condiciones físico-naturales.

Respecto de los umbrales, estos representan las fronteras que dan la pauta en busca de dar el salto hacia delante tras un evento, a manera de rebote, y no sólo para regresar al estado original previo a él. Se trata, pues, de un proceso planeado para la adaptación y transformación gradual de los municipios, considerando la vulnerabilidad que Mendo (2015) define como el resultado de restricciones sistémicas creado por las fronteras críticas que imponen los intersticios de estabilidad en el sistema.

El diseño de este estudio plantea nuevos retos que deberán ser considerados y resueltos en futuros trabajos sobre el tema, ya que tanto la pregunta de investigación como la hipótesis estuvieron limitadas a sólo dos de los actores que intervienen en los procesos de la resiliencia urbana.

Otro aspecto a considerar para valorar la resiliencia urbana tiene que ver con las normas para el control y manejo del agua, ya que a partir del reparto de concesiones en esta materia a la iniciativa privada, surgieron conflictos y luchas sociales para tener acceso al recurso. Falta, también, profundizar en el aspecto de la variabilidad climática que afecta localmente a los municipios, ya que los ciclos de temperaturas y lluvias han cambiado de orden e intensidad, provocando el exceso o escasez del recurso, determinando su disponibilidad en los mantos acuíferos. La variabilidad climática es un indicador no controlable, por lo que se requiere de la gestión de sistemas ambientales, sociales, económicos, territoriales y de políticas de planeación encausadas a preservar los recursos naturales.

El agua, como recurso natural, mantiene una relación dinámica con ambos municipios, por lo tanto es un indicador de bienestar, pero al ser afectada con contaminación, sobreexplotación, planeación incorrecta para su distribución, falta de inversión y mantenimiento de la infraestructura, provocará que, en un futuro no muy lejano, la escasez colapse a ambos municipios. De ahí la pertinencia por planificar su uso, ya que

Lerma y San Mateo Atenco se encuentran en proceso de respuesta, dentro de una vulnerabilidad aceptable, que aún los mantiene resilientes.

La realización del trabajo de campo presentó diversas dificultades, como la disponibilidad por parte de los informantes clave, quienes, en ocasiones, buscaron obtener algún tipo de beneficio económico a cambio de proporcionar la información que les fue requerida; en algunos casos, los informantes no se presentaron a las entrevistas, incluso después de haberseles solicitado con mucho tiempo de anticipación; así como la marcada inseguridad social en zonas determinadas de cada municipio.

Más allá de estas complicaciones, todavía quedan cuestiones por resolver en materia de la resiliencia urbana, que tienen que ver con la habilidad de desarrollar capacidades que permitan predecir los umbrales; identificar las relaciones entre los sistemas complejos y la resiliencia urbana; evaluar de qué maneras afecta a ésta la centralización de políticas y acuerdos; así como determinar a detalle cuál es el estado de la resiliencia en la cuenca del Lerma.

Bibliografía

- Adger, N., 2000. Social and ecological resilience: are they related?. *Progress in Human Geography*, 24(3), p. 347–364.
- Adger, N., 2006. Vulnerability. *Global Environment Change*, 16(3), pp. 268-281.
- Adger, N., Brooks, N., Bentham, G. & Agnew, M., 2004. *New indicators of vulnerability and adaptive capacity*, Norwich, Anglia: Tyndall Centre for Climate Change Research, Technical Report 7.
- AGUA, 2004. *Centro virtual de información del agua*. [Online] Available at: <http://www.agua.org.mx/el-agua/agua-en-mexico> [Accessed 5 Septiembre 2016].
- Alberti, M., Marzluff, J. & Shulenberger, E., 2003. Integrating humans into ecology: opportunities and challenges for studying urban ecosystems. *American Institute of Biological Sciences*, 53(12), pp. 1169-1179.
- Almirón, E., 2004. El agua como elemento vital en el desarrollo del hombre. In: O. d. P. P. d. D. H. e. e. Mercosur, ed. *Políticas Públicas de Derechos Humanos en el Mercosur: un compromiso regional*. Montevideo, Uruguay: Productora Editorial Michelin: <http://www.observatoriomercosur.org.uy/libro/index.php>, pp. 217-230.
- Alvarado, A., Esteller, M. V. & Quentin, E., 2016. Multi-Criteria Decision Analysis and GIS Approach for Prioritization of Drinking Water Utilities Protection Based on their Vulnerability to Contamination. *Water Resour Manage*, 30(4), p. 1549–1566.
- AMCOW, 2012. *Water Security and Climate Resilient Development: Technical Background document*. 1 ed. Kingdom Unite: Water Climate Development Programme, Latin America and Asia and the African programme is managed by South North.
- Amin, A., 2014. Epilogue: The Machinery of Urban Resilience. *Social science*, 3(3), pp. 308-313.
- Apgar, M. J., Allen, W., Moore, K. & Ataria, J., 2015. Understanding adaptation and transformation through indigenous practice: the case of the Guna of Panama. *Ecology and Society*, 20(1), pp. 1-45.
- Arreguín, F., Alcocer, V. & Marengo, H., 2010. Los retos del agua. In: C. N. d. A. (CONAGUA), ed. *EL agua en México: causas y encauses*. México: Academia Mexicana de Ciencias, pp. 51-78.
- Arzate, J., 2011. Región y desigualdades económico-sociales. El caso del valle de Toluca y el valle del Mezquital. *Espacios Públicos*, 14(32), pp. 248-257.
- Barnes, P., Amarasinghe, P., Egodawatta, P. & Goonetilleke, A., 2011. *Assessing the resilience of potable water supplies in Southeast Queensland Australia*. Kandalama, Sri Lanka., International Conference on Building Resilience: Interdisciplinary approaches to disaster risk reduction and the development of sustainable communities, pp. 1-13.
- Becoña, E., 2006. Resiliencia: definición, características y utilidad del concepto. *Revista de Psicopatología y Psicología Clínica*, 11(3), pp. 125-146.

- Béné, C. et al., 2014. *Exploring the potential and limits of the of the resilience agenda in rapidly urbanising context*, United Kingdom, England.: Institute of Development Studies.
- Berkes, F., Colding, J. & Folke, C., 2008. *Navigating social-ecological systems: building resilience for complexity and change*. 1 ed. United Kingdom: Cambridge University Press.
- Bernstein, S., Blatchford, L. & Cutter, S., 2013. *Bounce Forward: Urban resilience in the era of climate change*. 1 ed. Los Angeles, EE.UU.: Urban projecto resilience, Universidad de California.
- BID, 2017. *Fundación Rockefeller elige a Santiago para integrar Red de 100 Ciudades Resilientes*. [Online]
Available at: <http://www.iadb.org/es/temas/ciudades-emergentes-y-sostenibles/fundacion-rockefeller-elige-a-santiago-para-integrar-red-de-100-ciudades-resilientes,18560.html>
[Accessed 17 Febrero 2017].
- BM, 2017. *Banco Mundial*. [Online]
Available at: <http://www.bancomundial.org/es/country/mexico/projects/all>
[Accessed 27 Mayo 2017].
- Breen, P. M. & Anderies, M., 2011. *Resilience: A Literature Review*, Department of Philosophy, New York, pp. 7-49: Institute of Development Studies (IDS), the Resource Alliance and the Rockefeller Foundation.
- Breña, A. F. & Breña, J. A., 2007. *Disponibilidad de agua en el futuro de México*. [Online]
Available at: <http://www.revistaciencia.amc.edu.mx/index.php/ediciones-antiores/123-disponibilidad-de-agua-en-el-futuro-de-mexico.pdf>
[Accessed 29 Marzo 2017].
- Brown, A. & Matlock, M. D., 2011. *A Review of Water Scarcity Indices and Methodologies*. [Online]
Available at: https://www.sustainabilityconsortium.org/wp-content/themes/sustainability/assets/pdf/whitepapers/2011_Brown_Matlock_Water-Availability-Assessment-Indices-and-Methodologies-Lit-Review.pdf
[Accessed 28 Marzo 2017].
- Buckle, P., Marsh, G. & Smale, S., 2001. *Assessment of Personal & Community, Resilience & Vulnerability*. 1 ed. Victoria, Australia: Report: EMA Project 15/2000, pp. 1-47.
- Caire, G., 2005. Conflictos por el agua en la Cuenca Lerma-Chapala, 1996-2002. *Región y Sociedad*, 17(34), pp. 73-125.
- Camacho, G., 2007. El problema agrario en el municipio de Lerma, Estado de México: El caso de la Laguna de Lerma, 1880-1930. *Boletín del Archivo Histórico del Agua*, Issue 36, pp. 7-21.
- Caputo, S. et al., 2015. Urban resilience: two diverging interpretations. *Journal of Urbanism: International Research on Placemaking and Urban Sustainability*, 8(3), pp. 1-19.

- Cardona, O. D., 2005. *Gestión integral de riesgo de desastres*, Colombia, Manizales: Instituto de Estudios Ambientales, Universidad Nacional de Colombia, Curso de Maestría en Medio Ambiente y Desarrollo.
- Carlson, L., Bassett, G., Buehring, W. & Collins, M., 2012. *Resilience: Theory and Applications*, Chicago, Argonne, Department of Energy Laboratory, pp. 1-42: National Laboratory.
- Carmona, C. et al., 2017. *Ley del Agua Subterránea: una propuesta*. [Online] Available at: http://www.academia.edu/31897674/Ley_del_Agua_Subterr%C3%A1nea_una_propuesta [Accessed 23 Agosto 2017].
- Carreto, F., 2013. El sistema agrario de las haciendas de la cuenca alta del Río Lerma, Estado de México, un análisis histórico territorial. *Espacio y Desarrollo*, 0(21), pp. 77-97.
- CDMX, 2016. *Cuidar el agua es de todas*. [Online] Available at: <http://www.cuidarelagua.cdmx.gob.mx/cutzamala.html> [Accessed 27 Mayo 2016].
- ClimWatAdapt, 2016. *Vulnerability indicators*. [Online] Available at: <http://climwatadapt.eu/vulnerabilityindicators> [Accessed 9 Agosto 2016].
- CNA, 2007. *Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento*. [Online] Available at: <http://aneas.com.mx/wp-content/uploads/2016/04/SGAPDS-1-15-Libro4.pdf> [Accessed 24 Enero 2018].
- Coaffee, J., Murakami, D. & Rogers, P., 2009. *The everyday resilience of the city: how cities respond to terrorism and disaster*. 1 ed. United Kingdom, Europe: Palgrave and Macmillan.
- COESPO, 2014. *Consejo Estatal de Población*. [Online] Available at: http://coespo.edomex.gob.mx/zonas_metropolitanas [Accessed miércoles 11 Mayo 2016].
- Collie, M., Nedovi-Budi, Z. & Aerts, J., 2013. Transitioning to resilience and sustainability in urban communities. *Cities*, Volume 32, pp. 1-23.
- CONAFOVI, 2005. *Uso eficiente del agua en desarrollos habitacionales*. 1 ed. México, Distrito Federal: Comisión Nacional de Fomento a la Vivienda, p. 13.
- CONAGUA, 1951-2010. *Información Climatológica*. [Online] Available at: <http://smn.conagua.gob.mx/es/informacion-climatologica-ver-estado?estado=mex> [Accessed 14 Marzo 2017].
- CONAGUA, 2012. *Programa para la Modernización de Organismos Operadores de Agua (PROMAGUA)*. [Online] Available at:

- [http://www.conagua.gob.mx/conagua07/contenido/Documentos/MEMORIAS%20DOCUMENTALES/Memoria%20Documental%20PROMAGUA%20vfinal%20\(24-oct-2012\).pdf](http://www.conagua.gob.mx/conagua07/contenido/Documentos/MEMORIAS%20DOCUMENTALES/Memoria%20Documental%20PROMAGUA%20vfinal%20(24-oct-2012).pdf)
[Accessed 3 Abril 2017].
- CONAGUA, 2015. *Estadísticas del agua en México*. [Online] Available at: <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/EAM2015.pdf>
[Accessed 19 Mayo 2017].
- CONAGUA, 2016. *Publicaciones Estadísticas y Geográficas*. [Online] Available at: <http://www.gob.mx/conagua/acciones-y-programas/publicaciones-estadisticas-y-geograficas-60692>
[Accessed 24 Abril 2017].
- CONAGUA, 2017. *Consulta a la base de datos del REPDA*. [Online] Available at: <http://app.conagua.gob.mx/Repda.aspx>
[Accessed 18 Mayo 2017].
- CONAGUA, 2017. *Ley de Aguas Nacionales y su Reglamento*. [Online] Available at: <http://files.conagua.gob.mx/conagua/publicaciones/Publicaciones/SGJ-1-17.pdf>
[Accessed 13 Junio 2017].
- CONAGUA, 2017. *Programa Nacional Hídrico 2014-2018*. [Online] Available at: <https://www.gob.mx/busqueda?utf8=%E2%9C%93&site=conagua&q=programa+nacional+h%C3%ADdrico>
[Accessed 28 Mayo 2017].
- CONAPO, 2012. *SEGOB: Índice de marginación por localidad, 2010*. [Online] Available at: [http://www.conapo.gob.mx/en/CONAPO/Indice de Marginacion por Localidad 2010](http://www.conapo.gob.mx/en/CONAPO/Indice%20de%20Marginacion%20por%20Localidad%202010)
[Accessed 29 Mayo 2016].
- CONAPO, 2016. *Datos abiertos del índice de marginación*. [Online] Available at: [http://www.conapo.gob.mx/es/CONAPO/Datos Abiertos del Indice de Marginacion](http://www.conapo.gob.mx/es/CONAPO/Datos%20Abiertos%20del%20Indice%20de%20Marginacion)
[Accessed 29 Mayo 2016].
- CONASAMI, 2016. *Secretaría de Hacienda y Crédito Público*. [Online] Available at: http://www.sat.gob.mx/informacion_fiscal/tablas_indicadores/Paginas/salarios_minimos.aspx
[Accessed 24 Agosto 2017].
- CPEM, 2017. *Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (CPEM), Leyes Federales de México*. [Online] Available at: <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/ref/cpeum.htm>
[Accessed 3 Abril 2017].

- Cuadras, C., 2014. *Nuevo métodos de análisis multivariante*. [Online] Available at: <http://www.ub.edu/stat/personal/cuadras/metodos.pdf> [Accessed 28 Marzo 28].
- Dahlman, O., 2011. Security and Resilience. *Resilience: Interdisciplinary Perspectives on Science and Humanitarianism*, Volume 2, pp. 39-51.
- Davoudi, S. et al., 2012. Resilience: A Bridging Concept or a Dead End? *Planning Theory & Practice. School of Architecture, Planning and Landscape*, 13(2), p. 299–333.
- De Oca, A. M. & Casillas, K., 2015. Acción colectiva en microcuencas y transformaciones sociopolíticas en el Curso Alto del Río Lerma, México. Siglos XX y XXI. *Iberoamericana de Ciencias*, 2(3), pp. 1-21.
- DENUE, 2017. *Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas*. [Online] Available at: <http://www.beta.inegi.org.mx/app/mapa/denue/> [Accessed 26 Mayo 2017].
- DFID, D. f. I. D., 2011. *Defining Disaster Resilience: A DFID Approach Paper*. 1 ed. United Kingdom: Published by the Department for International Development, pp. 1-20.
- Di Nardo, A. & Greco, R., 2010. *Resilience and Entropy Indices for Water Supply Network Sectorization in District Meter Areas*. Tianjin, CHINA, Department of Civil Engineering, Second University of Naples, pp. 1-10.
- Diana, D., 2016. *Megalópolis: informando a la gran urbe*. [Online] Available at: <https://megalopolismx.com/noticia/355/se-reinventar-la-produccion-de-calzado-en-san-mateo-atenco> [Accessed 10 Julio 2016].
- Díaz, C., Esteller, M. V. & López, F., 2009. *Repositorio Institucional (RI), UAEMéx*. [Online] Available at: <http://ri.uaemex.mx/handle/20.500.11799/58927> [Accessed 20 Abril 2017].
- Díaz-Delgado, C. et al., 2009. *Guía de planeación estratégica participativa para la gestión integrada de los recursos hídricos de la cuenca Lerma-Chapala-Santiago*. 1 ed. Toluca, Estado de México: Universidad Autónoma del Estado de México y Red interinstitucional e interdisciplinaria de investigación, consulta y coordinación científica para la recuperación de la cuenca Lerma-Chapala-Santiago (RED-LERMA).
- DiMSUR, 2015. *City Resilience Action Planning Tool*. [Online] Available at: <http://www.dimsur.org/publication/city-resilience-action-planning-tool/> [Accessed 22 Abril 2016].
- DOF, 1965. *SEGOB*. [Online] Available at: <http://www.dof.gob.mx/index.php?year=1965&month=09&day=23> [Accessed 19 Abril 2017].
- DOF, 1966. *SEGOB*. [Online] Available at: <http://www.dof.gob.mx/index.php?year=1966&month=12&day=16> [Accessed 20 Abril 2017].

- DOF, 1968. *SEGOB.* [Online]
 Available at:
http://www.dof.gob.mx/nota_to_imagen_fs.php?codnota=4838864&fecha=20/12/1968&cod_diario=208252
 [Accessed 28 Mayo 2017].
- DOF, 1969. *SEGOB.* [Online]
 Available at:
http://www.dof.gob.mx/nota_to_imagen_fs.php?codnota=4637989&fecha=03/10/1969&cod_diario=199548
 [Accessed 28 Mayo 2017].
- DOF, 1970. *SEGOB.* [Online]
 Available at:
http://www.dof.gob.mx/nota_to_imagen_fs.php?codnota=4721766&fecha=02/11/1970&cod_diario=203508
 [Accessed 28 Mayo 2017].
- DOF, 1998. *Diario Oficial de la Federación.* [Online]
 Available at: http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4893449&fecha=21/09/1998
 [Accessed 1 Agosto 2017].
- DOF, 2014. *SEGOB.* [Online]
 Available at:
http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5339733&fecha=08/04/2014
 [Accessed 31 Marzo 2017].
- DRAE, 2016. *Diccionario de la lengua española.* [Online]
 Available at: <http://dle.rae.es/?id=WA5onlw>
 [Accessed 22 Abril 2016].
- Falkenmark, M., 1989. The Massive Water Scarcity Now Threatening Africa: Why Isn't It Being Addressed?. *Ambio*, 18(2), pp. 112-118.
- FAO, 2011. *UN WATER: Forests are key to global sustainability.* [Online]
 Available at:
http://en.thenavigatorcompany.com/var/ezdemo_site/storage/original/application/5d3ff5593a9360319b9fd5c7de6ad389.pdf
 [Accessed 05 Abril 2018].
- FAO, 2013. *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.* [Online]
 Available at: <http://www.fao.org/3/a-i3015s.pdf>
 [Accessed 25 Noviembre 2016].
- Field, A., 2009. *Discovering statistics.* Third edition ed. London: SAGE Publications Ltd.
- Flores, L., 2009. Agua y agricultura en México. In: L. L. p. 1. Cámara de Diputados, ed. *Crisis del Agua.* México, Distrito Federal: Centro de Estudios Sociales y de Opinión Pública, pp. 18-26.

- Folke, C. et al., 2010. Resilience Thinking: Integrating Resilience, Adaptability and transformability. *Ecology and Society*, 15(4), pp. 1-9.
- Folke, C., 2006. Resilience: The emergence of a perspective for social–ecological systems analyses. *Global Environmental Change*, 16(3), pp. 253-267.
- Fonseca, C., Esteller, M. V. & Díaz-Delgado, C., 2013. Territorial approach to increased energy consumption of water extraction from depletion of a highlands Mexican aquifer. *Environmental Management*, 128(15), p. 920–930.
- FSIN, 2014. *Resilience measurement principles: toward an agenda for measurement design*. Food, Security Technical Series No. 1, Resilience Measurement Technical Working Group, pp. 1-31 ed. United States: Food and Agriculture Organization (FAO).
- Gaillard, C., 2010. Vulnerability capacity and resilience: perspectives for climate and development policy. *International Development in Wiley Inter Science*, 22(2), p. 218–232.
- Gallopin, G., 2006. "Linkages between vulnerability, resilience, and adaptive capacity". *Global Environmental Change*, 16(3), pp. 293-303.
- Garcia-Dia, M. J., 2013. Concept Analysis: Resilience. in *Archives of Psychiatric Nursing Elsevier*, 27(6), p. 264–270.
- García, L. & Aldana, G., 2011. Voces infantiles en torno a la resiliencia: las experiencias vitales de niños habitantes de una casa hogar en Ecatepec, Estado de México. *Uaricha Revista de Psicología (Nueva época)*, 8(17), pp. 92-104.
- Gárfias, J., Bibiano, L. & Llanos, H., 2008. Uso racional y sostenible de los recursos hídricos del acuífero del Valle de Toluca. *Ciencia Ergo Sum, Revista Multidisciplinaria de la Universidad Autónoma del Estado de México*, 15(1), pp. 61-72.
- GEM, 1997. Un recurso escaso, valioso y necesario: el agua. In: G. d. E. d. México, ed. *Atlas ecológico de la Cuenca Hidrográfica del Río Lerma, tomo III*. Toluca: Comisión Coordinadora para la Recuperación Ecológica de la Cuenca del Río Lerma, pp. 97-138.
- GEM, 2002. *Atlas Ecológico de la Cuenca Hidrográfica del Río Lerma*. [Online] Available at: <http://cuencalerma.edomex.gob.mx/sites/cuencalerma.edomex.gob.mx/files/files/Atlas%20PDF/Tomo%20VII%20Urbano.pdf> [Accessed 24 Febrero 2017].
- GEM, 2011a. *Programa de Ordenamiento Ecológico Regional del Territorio de la Zona Metropolitana del Valle de Toluca*. Gaceta de gobierno N. 107 ed. Toluca, Estado de México: Secretaría de Medio Ambiente del Estado de México.
- GEM, 2011. *Atlas de la cuenca del Río Lerma en el Estado de México. Compendio*. Primera ed. Toluca: Consejo editorial de la administración pública estatal.
- GEM, 2013a. *Ley del Agua para el Estado de México y Municipios*. [Online] Available at: <http://legislacion.edomex.gob.mx/node/911> [Accessed 15 Junio 2017].
- GEM, 2013. *Plan municipal de desarrollo urbano de Lerma, 2013-2015*. Lerma, Estado de México: Secretaría de Desarrollo Urbano, pp. 29.

- GEM, 2016. *Plan municipal de desarrollo urbano del municipio de San Mateo Atenco, 2016-2018*. <http://www.sanmateoatenco.gob.mx/assets/plan-de-desarrollo-municipal--2016---2018.compressed.pdf> ed. San Mateo Atenco, Estado de México: Dirección de Desarrollo Urbano del Honorable Ayuntamiento de San Mateo Atenco, pp. 18. <http://www.sanmateoatenco.gob.mx/assets/plan-de-desarrollo-municipal--2016---2018.compressed.pdf>.
- Gibberd, J., 2014. *Assessing and Intervening: Urban Resilience Indicators*. [Online] Available at: http://www.academia.edu/4400216/Assessing_and_Intervening_Urban_Resilience_Indicators [Accessed 7 Octubre 2016].
- González , N., Valdéz, J. & Zavala, Y., 2008. Resiliencia en adolescentes mexicanos. *Enseñanza e investigación en Psicología*, 13(1), pp. 41-52.
- González, N., Valdéz, J. & Hans, B., 2009. Resiliencia y salud en niños y adolescentes. *CIENCIA ergo-sum*, 16(3), pp. 247-253.
- Grigg, N., Abel, N., O'Connell, D. & Walker, B., 2015. *Ecosystem-based Adaptation*. [Online] Available at: <http://www.besnet.world/resilience-assessment-desktop-case-studies-thailand-and-niger> [Accessed 5 Diciembre 2016].
- Gunderson, L. H., 2006. Water RATs (Resilience, Adaptability, and Transformability) in Lake and Wetland Social-Ecological Systems. *Ecology and Society*, 11(1), p. 16.
- Gunderson, L., Kinzing, A., Quinlan, A. & Walker, B., 2010. *Resilience Alliance. Assessing resilience in social-ecological systems: workbook for practitioners. Version 2.0*. [Online] Available at: http://www.resalliance.org/files/ResilienceAssessmentV2_2.pdf [Accessed 9 Agosto 2016].
- Helmer, R. & Hespanhol, I., 1997. *Water Pollution Control - A Guide to the Use of Water Quality Management Principles: Case Study VIII Lerma-Chapala Basin, Mexico*. 1 ed. México: Water Supply & Sanitation Collaborative Council and the World Health Organization by E. & F. Spon, pp 1-15.
- Hernández, R., Fernández, C. & Baptista, P., 1998. *Metodología de la investigación*. Segunda, pp. 66-67 ed. México: McGRAW-HILL,.
- Holling, C., 2001. Understanding the complexity of economic, ecological and social systems. *Ecosystems*, 4(5), pp. 390-405.
- Holling, C. S., 1973. Resilience and stability of ecological systems. *Annual Review of Ecology and Systematics*, Volume 4, pp. 1-23.
- Hordijk, M., Miranda, . L. & Sutherland, C., 2014. Resilience, transition or transformation? A comparative analysis of changing water governance systems in four southern cities. *Environment & Urbanization*, 26(1), pp. 130-146.

- Huerta, J., 2000. *Problemas principales en la cuenca Lerma-Chapala: Demandas futuras de agua según tres escenarios*, Guadalajara, Jalisco. MEXICO, pp 205-218: Gerencia Regional Lerma Santiago Pacifico, Comisión Nacional del Agua (CNA).
- Ibáñez, J. J., 2006. *Nivles de humedad del suelo y agua disponible: el agua en el suelo*. [Online]
Available at: <https://clustrmaps.com/map/Madrimasd.org>
[Accessed 30 Marzo 2017].
- INEGI, 2001d. *Sistema de Información Geográfica del Estado de México*. [Online]
Available at: http://internet.contenidos.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/historicos/2104/702825224028/702825224028_12.pdf
[Accessed 5 Abril 2017].
- INEGI, 2008. *Cuentame: Agua-usos*. [Online]
Available at: <http://cuentame.inegi.org.mx/territorio/agua/ usos.aspx?tema=T>
[Accessed 26 Mayo 2017].
- INEGI, 2009a. *Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos: San Mateo Atenco*. [Online]
Available at: <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/datos-geograficos/15/15076.pdf>
[Accessed 12 Mayo 2016].
- INEGI, 2009. *Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos: Lerma*. [Online]
Available at: <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/datos-geograficos/15/15051.pdf>
[Accessed 12 Mayo 2016].
- INEGI, 2010b. *Censo General de Población y Vivienda*. Toluca, Estado de México: Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática.
- INEGI, 2010c. *Agua potable y alcantarillado*. [Online]
Available at: <http://cuentame.inegi.org.mx/territorio/agua/dispon.aspx?tema=T>
[Accessed Miércoles Abril 2016].
- INEGI, 2010. *Diccionario de datos: Censo de Población y Vivienda*, México, pp. 48: Instituto Nacional de Estadística y Geografía, versión 2013.
- INEGI, 2013. *Estadísticas a propósito del día mundial del agua*. 1 ed. Aguascalientes, México: Instituto Nacional de Estadística y Geografía, pp. 1-7.
- INEGI, 2014. *Estadísticas a propósito de la industria del calzado*. [Online]
Available at: http://internet.contenidos.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva_estruc/702825068332.pdf
[Accessed 22 Mayo 2017].

- INEGI, 2015. *Encuesta Intercensal 2015*. [Online] Available at: <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/microdatos/formato.aspx?c=34537> [Accessed 5 Septiembre 2016].
- INEGI, 2016. *Encuesta Nacional de los Hogares (ENH)*. [Online] Available at: <http://www.beta.inegi.org.mx/proyectos/enchogares/regulares/enh/2016/default.html> [Accessed 24 Octubre 2017].
- IPCC, 2012. *Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate: A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. 1 ed. Cambridge, UK, and New York, NY, USA.: Cambridge University Press.
- ISET, 2013. *Introduction to a new approach to urban resilience: Final report to American Red Cross Urban Resilience*, The Institute for Social and Environmental Transition-Internationa, (ISET), Washington, D.C., U.S.A.: The Red Cross/Red Crescent National Societies (RCRC).
- ISUU, 2002. *Atlas Urbano de la Cuenca Hidrológica del Río Lerma*. [Online] Available at: https://issuu.com/cuencalerma/docs/atlas_urbano_cuenca_hidrologica_rio_lerma [Accessed 20 Abril 2017].
- Jacobs, B., Nelson, R., Kuruppu, N. & Leith, P., 2015. *An adaptive capacity guide book: Assessing, building and evaluating the capacity of communities to adapt in a changing climate*. 1 ed. Hobart, Tasmania.: Southern Slopes Climate Change Adaptation Southern Slopes Climate Change Adaptation Research Partnership (SCARP), University of Technology Sydney and University of Tasmania.
- Jha, A., Miner, T. & Stanton-Geddes, Z., 2013. *Building urban resilience: principles, tools and practice*. Primera ed. Washington, DC.: World Bank. doi:10.1596/978-0-8213-8865-5.
- Johnson, A. & Millett, L. I., 2016. *Forum on cyber resilience: Data Breach Aftermath and Recovery for Individuals and Institutions*. Washington, DC: National Academies of Sciences, Engineering and Medicine.
- Kellogg, W. A., 2016. *Climate Change, Infrastructure, Economies, and Governance in the Great Lakes Basin*. [Online] Available at: http://engagedscholarship.csuohio.edu/urban_facpub/1455/ [Accessed 8 Marzo 2017].
- Kirmayer, L. et al., 2009. "Community Resilience: Models, Metaphors and Measures". *International Journal of Indigenous Health*, 5(1), pp. 62-117.
- Langridge, R., Christian-Smith, J. & Lohse, K., 2006. Access and Resilience: analyzing the construction of social resilience to the threat of water scarcity. *Ecology and Society*, 11(2), pp. 1-16.
- Lavell, A. & Openheimer, M., 2012. Climate Change: New dimensions in press disaster risk, exposure, vulnerability and resilience. In: *Managing the risks of extreme events and*

- disasters to advance climate change adaptation*. United Kingdom, New York, USA: Cambridge University Press, pp. 25-64.
- LEDS LAC & EUROCLIMA, 2016. *Desarrollo resiliente y bajo en emisiones en América Latina: integrando mitigación y adaptación..* Bruselas, Bélgica: Serie de Estudios Temáticos EUROCLIMA No 9. Plataforma LEDS LAC y Programa EUROCLIMA de la Comisión Europea. San José, Costa Rica, y Bruselas, Bélgica. 72 p..
- Liao, K.-H., 2012. A Theory on Urban Resilience to Floods—A Basis for Alternative Planning Practices. *Ecology and Society* , 17(4), pp. 1-15.
- Limouzin, M. & Maidment, D., 2009. *Water scarcity as an indicator of poverty in the world*. [Online] Available at: <https://www.crrw.utexas.edu/gis/gishydro09/StatWR09Papers/Limouzin.pdf> [Accessed 25 Noviembre 2016].
- Lira, C., 2005. *Agua*. Especial ed. México: La Jornada.
- Longstaff, P., Armstrong, N. & Perrin, K., 2010. Building resilient communities a preliminary framework for assessment. *Homeland Security Affairs*, 6(3), pp. 1-24.
- Madanat, S. & Humplick, F., 1993. A Model of Household Choice of Water Supply Systems in Developing Countries. *Water Resources Research*, 29(5), pp. 1353-1358.
- Maderey, L. E., 2001. Alteración del ciclo hidrológico en la parte baja de la cuenca alta del río Lerma por la transferencia de agua a l Ciudad de México. *Investigaciones Geográficas*, Issue 45, pp. 24-38.
- Martínez , J. R. et al., 2008. Recomendaciones de bebida e hidratación para la población española. *Nutrición Clínica y Dietética Hospitalaria*, 28(2), pp. 3-19.
- Martínez, R. & Canales, E., 2011. *Identificación de jóvenes con características resilientes en educación secundaria de Pachuca, Hidalgo..* México., XI Congreso Nacional de Investigación Educativa 10, pp. 1-13.
- McAslan, A., 2010. *Torrens Resilience Institute: The concept of resilience, Understanding its Origins, Meaning and Utility*. [Online] Available at: <http://www.torrensreilience.org/origins-of-the-term> [Accessed 9 Febrero 2014].
- McAslan, A., 2011. *Torrens Resilience Institute: Community resilience, Understanding the Concept and its Application*. [Online] Available at: <http://www.torrensresilience.org/origins-of-the-term> [Accessed 9 Febrero 2014].
- McPhearson, T. et al., 2016. Scientists must have a say in the future of cities. *Nature*, 538(7624), pp. 165-166.
- Méndez, R., 2012. Ciudades y metáforas: sobre el concepto de resiliencia urbana. *Ciudad y Territorio, Estudios Territoriales*, 44(172), pp. 215-231.
- Mendo, A., 2015. *Observación urbana sistémica: hacia una evaluación de ciudades desde la complejidad*. Primera ed. Guadalajara: ITESO y Universidad de Guadalajara.

- Metzger, P. & Robert, J., 2013. Elementos de reflexión sobre la resiliencia urbana: usos criticables y aportes potenciales. *Territorios*, Issue 28, pp. 21-40.
- México, E., 2014. *Problemas de agua en México*. [Online] Available at: <http://www.explorandomexico.com.mx/about-mexico/8/297/> [Accessed 4 Septiembre 2014].
- Miller, F., Osbahr, H. & Boyd, E., 2010. Resilience and vulnerability: complementary or conflicting concepts?. *Ecology and Society*, 15(3), pp. 1-25.
- Millington, P., Olson, D. & McMillan, S., 2006. *Integrated river basin management form concepts to good practice: The Lerma-Chapala River Basin, Mexico*. 1 ed. Washington, D.C.: The World Bank.
- Milman, A. & Short, A., 2008. "Incorporating resilience in to sustainability indicators: An example for the urban water sector". *Global Environmental Change*, 18(4), p. 758–767.
- Morales, P., 2013. *El Análisis Factorial en la construcción e interpretación de tests, escalas y cuestionarios*. [Online] Available at: <http://web.upcomillas.es/personal/peter/investigacion/AnalisisFactorial.pdf> [Accessed 28 Marzo 2017].
- Mora, M., 2016. *Lerma: historia*. [Online] Available at: <http://www.lerma.gob.mx/municipio/historia/> [Accessed 10 Enero 2016].
- Moreschi, C., 2016. *La résilience : un trait de caractère?*. [Online] Available at: <http://www.canalvie.com/sante-beaute/bien-etre/articles-bien-etre/resilience-caractere-1.1337580> [Accessed 7 Septiembre 2016].
- Mulligan, S., 2014. *The indestructible mind: An exploration of Psychological Resilience in the civilian and military domain*. [Online] Available at: <http://mentalresilienceaustralia.com.au/tag/ecological-resilience/> [Accessed 13 Febrero 2015].
- ND-GAIN, 1995-2014. *Notre Dam Global Adaptation Index*. [Online] Available at: <http://index.gain.org/about/methodology#vulnerability> [Accessed 9 Agosto 2016].
- Niekerk, D. v., 2011. *Introduction to disaster risk reduction*. 1 ed. South Africa: United States Agency for International Development (USAID): Learning Module, pp. 1-59.
- NSE-AMAI, 2017. *Nivles socioecómicos*. [Online] Available at: <http://nse.amai.org/nseamai2/> [Accessed 5 Septiembre 2017].
- O'Connell, D., Walker, B., Abel, N. & Grigg, N., 2015a. *CSIRO. The resilience, adaptation and transformation assessment framework: from theory to application*. [Online] Available at: <http://www.stapgef.org/stap/wp-content/uploads/2015/03/CSIRO-STAP-Resilience-Adaptation-Transformation-Assessment-Framework-Report.pdf> [Accessed 9 Agosto 2016].

- O'Connell, D. et al., 2015b. *Scientific and Technical Advisory Panel (STAP)*. [Online] Available at: http://www.stapgef.org/sites/default/files/stap/wp-content/uploads/2015/07/Summary_RAPTA.pdf.-July-16.pdf [Accessed 05 Diciembre 2016].
- O'Connell, D. et al., 2015c. *Scientific and Technical Advisory Panel (STAP)*. [Online] Available at: http://www.stapgef.org/sites/default/files/documents/Summary_RAPTA.pdf.-July-16.pdf [Accessed 28 mARZO 2017].
- Ochoa, C., 2015. *Netquest*. [Online] Available at: <https://www.netquest.com/blog/es/blog/es/muestreo-bola-nieve> [Accessed 23 Enero 2018].
- OFWAT, 2010. *Resilient supplies: how do ensure secure water and sewerage services*. 1 ed. London: The National Archives, The Water Services Regulation Authority (OFWAT), pp. 1-24.
- OHS, 2008. *Hidratación en las personas mayores, Observatorio de Hidratación y Salud (OHS)*. [Online] Available at: <http://envejecimiento.csic.es/documentacion/biblioteca/registro.htm?id=52475> [Accessed 28 Marzo 2017].
- Olson, S., 2011. *Increasing National Resilience to Hazards and Disasters: The Perspective from the Gulf Coast of Louisiana and Mississippi: Summary of a Workshop*. Washington, DC: National Academy of Sciences.
- OMS, 2010. *Organización Mundial de la Salud: Recomendaciones mundiales sobre la actividad física para la salud*. [Online] Available at: http://www.who.int/dietphysicalactivity/factsheet_recommendations/es/ [Accessed 8 Febrero 2017].
- OMS, 2016. *Organización Mundial de la Salud: Agua, saneamiento y salud (ASS)*. [Online] Available at: http://www.who.int/water_sanitation_health/mdg1/es/ [Accessed 12 Abril 2016].
- ONU, 2002. *Comité de Derechos Económicos, Sociales y Culturales: El derecho al Agua*. [Online] Available at: <http://hrlibrary.umn.edu/gencomm/epcomm15s.html> [Accessed 18 Julio 2017].
- ONU, 2015. *Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible*. [Online] Available at: http://www.un.org/ga/search/view_doc.asp?symbol=A/70/L.1&Lang=S [Accessed 23 Octubre 2017].
- ONU-HABITAT, 2010. *Naciones Unidas, Derechos Humanos*. [Online] Available at: <http://www.ohchr.org/Documents/Publications/FactSheet35sp.pdf> [Accessed 30 Noviembre 2016].

- ONU-HABITAT, 2016. *Se establece Red de Ciudades Resilientes en México*. [Online] Available at: <http://es.unhabitat.org/se-establece-red-de-ciudades-resilientes-en-mexico/> [Accessed 17 Febrero 2017].
- Ortega, O., 2008. Poder Edomex. *Así Era el Río Lerma*, 18 Junio, p. 1.
- Ostrom, E., 2015. *El gobierno de los bienes comunes. La evolución de las instituciones de acción colectiva*. Segunda reimpresión, traducido por Leticia Merino Pérez ed. México: UNAM, Fondo de Cultura Económica.
- Palomar, J., 2012. *Identificación de un modelo de resiliencia y su relación con la movilidad social de beneficiarios del Programa de Desarrollo Humano Oportunidades*, Distrito Federal, México, pp. 1-60: Universidad Iberoamericana..
- Patrick Martin, B. & Anderies, J. M., 2011. *Resilience: A Literature Review*. [Online] Available at: <https://opendocs.ids.ac.uk/opendocs/handle/123456789/3692> [Accessed 3 Noviembre 2016].
- Pelling, M., 2011. *Adaptation to climate change: from resilience to transformation*. First published, p. 66 ed. New York: Routledge, Taylor and Francis.
- Perevochtchikova, M., 2010. La problemática del agua: revisión de la situación actual desde una perspectiva ambiental. In: 1, ed. *Los grandes problemas de México: Medio ambiente*. México, Distrito Federal: El Colegio de México, pp. 61-104.
- Perló, M. & González, A. E., 2005. *¿Guerra por el agua en el Valle de México?*. Primera ed. México: Universidad Autónoma de México (UNAM). http://centro.paot.org.mx/documentos/unam/guerra_por_agua_digital.pdf.
- Perveen, S. & James, A., 2011. Scale invariance of water stress and scarcity indicators: Facilitating cross-scale comparisons of water resources vulnerability. *Applied Geography*, 31(1), pp. 321-328.
- Pisano, U., 2012. *Resilience and Sustainable Development: Theory of resilience, systems thinking and adaptive governance*. Report No. 26 ed. Viena, Austria: European Sustainable Development Network (ESDN), pp. 1-51.
- PNUD, 2015. *Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo: México*. [Online] Available at: <http://www.mx.undp.org/content/mexico/es/home/library/poverty/idh-municipal-en-mexico--nueva-metodologia.html> [Accessed 29 Mayo 2016].
- PNUMA, 2006. *Iniciativa Latinoamericana y Caribeña para el Desarrollo Sostenible, indicadores de seguimiento: México 2005*. 1 ed. Tlalpan, México: Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD).
- PNUMA, S., 2004. *Perspectivas del Medio Ambiente Mundial GEO 4: medio ambiente para el desarrollo*. [Online] Available at: <http://centro.paot.org.mx/documentos/pnuma/GEOMexico04.pdf> [Accessed 28 Marzo 2017].

- Politzer, G., 2014. *Cursos de filosofía*. 1 ed. México, Distrito Federal: Editores Mexicanos Unidos, pp. 244.
- Prasad, N. et al., 2009. *Climate Resilient Cities: A Primer on Reducing Vulnerabilities to Disasters*. 1 ed. Washington, D.C.: The World Bank, pp. 1-186.
- RN, 2015. *Resilience now: Des solutions durables pour des communautés résilientes*. [Online] Available at: http://resilience.ngo/?page_id=2918 [Accessed 26 11 2015].
- Rockström, J., Falkenmark, M. & Folke, C., 2014. *Water resilience form human prosperity*. 1 ed. United Kingdom: Cambridge University Press.
- Rodding, T. & Rosbjerg, D., 2004. Choice of reliability, resilience and vulnerability estimators for risk assessments of water resources systems. *Hydrological Sciences–Journal–des Sciences Hydrologiques*, 49(5), pp. 755-767.
- Rosa, H. & Peña, J., 1995. *Programa Regional de Investigación sobre Desarrollo y Medio Ambiente (PRISMA)*. [Online] Available at: http://www.prisma.org.sv/index.php?id=detalle&tx_ttnews%5Btt_news%5D=261&cHash=338b48ac23779fd15ea90c08eb01ac89 [Accessed 4 Abril 2017].
- Saavedra, C. & Budd, W. W., 2009. "Climate change and environmental planning: Working to build community resilience and adaptive capacity in Washington State, USA". *Habitat International*, 33(3), p. 246–252.
- Salat, S. & Bourdic, L., 2012. Systemic resilience of complex urban systems: on trees and leaves. *TeMA-Trimestrale del Laboratorio Territorio Mobilità e Ambiente-TeMALab*, 5(2), pp. 55-68.
- Sales, F. J., 2009. La crisis del agua. In: L. L. Cámara de Diputados, ed. *Reporte CESOP*. México, Distrito Federal, No. 28, Octubre: Publicación mensual del Centro de Estudios Sociales y de Opinión Pública, pp. 1-2,.
- Sánchez, A., 2014. La descentralización en México: gobiernos municipales inacabados y políticas públicas con efecto difusión–difuminación. *Carta Económica Regional*, 23(113), pp. 5-12.
- Satterthwaite, D. & Dodman, D., 2013. Towards resilience and transformation for cities within a finite planet. *Environment and Urbanization*, 25(2), pp. 291-298.
- Schmale, M., 2012. *El camino hacia la resiliencia: Tender puentes entre socorro y desarrollo para un futuro más sostenible*. 1 ed. Ginebra: Federación Internacional de Sociedades de la Cruz Roja y de la Media Luna Roja.
- SEDATU, 2016. *Guía de Resiliencia Urbana*. [Online] Available at: <https://www.gob.mx/sedatu/documentos/guia-de-resiliencia-urbana-2016> [Accessed 25 Julio 2017].
- SEGOB, 1958. *Reglamento de la Ley de fecha 29 de diciembre de 1956, en materia de aguas del subsuelo*. [Online]

- Available at:
http://www.dof.gob.mx/nota_to_imagen_fs.php?codnota=4522290&fecha=27/02/1958&cod_diario=192731
 [Accessed 2 Abril 2017].
- SEGOB, 2010. *Capítulo 1, Marginación Urbana 2010, CONAPO*. [Online] Available at:
http://www.conapo.gob.mx/es/CONAPO/Capitulo_1_Marginacion_Urbana_2010
 [Accessed 28 Marzo 2017].
- SEMARNAT, 2010. *Vedas de Agua Subterránea en México*. [Online] Available at:
[ftp://201.116.60.40/IFAI/2016/SISII1610100091616/Documentos/Otros/\(2010\)DOC_VE_DAS_SUB.pdf](ftp://201.116.60.40/IFAI/2016/SISII1610100091616/Documentos/Otros/(2010)DOC_VE_DAS_SUB.pdf)
 [Accessed 2 Abril 2017].
- SEMARNAT, 2014. *Programa Nacional Hídrico 2014-2018*. [Online] Available at:
http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5339732&fecha=08/04/2014
 [Accessed 25 Julio 2017].
- SEMARNAT-CNA, 2011. *Agenda del Agua 2030*. [Online] Available at: <https://unstats.un.org/unsd/envaccounting/ceea/archive/Water/SGP-3-11Cuadernillo-Agenda-del-Agua2030.pdf>
 [Accessed 23 Octubre 2017].
- SEMARNAT-PNUMA, 2004. *Perspectivas del medio ambiente en México, GEO 2004*. Primera ed. México: Programa de Naciones Unidas Para el Medio Ambiente (PNUMA).
- Sharifi, A. & Yamagata, Y., 2014. *Major principles and criteria for development of an urban resilience assessment index*. Pattaya City, Thailand, International Conference and Utility Exhibition 2014 on Green Energy for Sustainable Development (ICUE 2014), pp. 1-5.
- Shaw, K., 2012. “Reframing” Resilience: Challenges for Planning Theory and Practice. *Planning Theory and Practice*, 13(2), pp. 308-312.
- Silas, J. C., 2008. La resiliencia en los estudiantes de educación básica, un tema primordial en comunidades marginadas. *Sinéctica*, Issue 31, pp. 1-31.
- SINA, 2016. *Sistema Nacional de Información del Agua*. [Online] Available at: <http://sina.conagua.gob.mx/sina/>
 [Accessed 24 Abril 2017].
- SMN, 2012. *Base de datos Climatológicas Nacional (Sistema CLICOM)*. [Online] Available at: <http://clicom-mex.cicese.mx/mapa.html>
 [Accessed 18 Abril 2018].
- Sobsey, M. D., 2017. *Manejo del agua en la vivienda: beneficios acelerados para la salud derivados del abastecimiento de agua mejorado, OMS*. [Online] Available at: http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/wsh0207/es/
 [Accessed 28 arzo 2017].

- Spaliviero, M., Carrion, R., Comba, E. & Feuerhake, E., 2015. *City resilience action planning tool*. Primera ed. Nairobi, Kenya: United Nations Human Settlements Programme (UN-Habitat).
- Tan, L. et al., 2011. Quantification of spatial difference of sustainability in the Taihang Mountain area of Hebei Province, China, with its information platform and GIS. *Food, Agriculture and Environment (JFAE)*, 9(2), pp. 740-747.
- Taylor, J. B. & Weerapana, A., 2012. *Principios de economía*. Sexta ed. México, DF.: Cengage Learning.
- Thelen, E. & Smith, L. B., 2006. Dynamic Systems Theories. In: R. M. Lerner & W. Damon, eds. *Handbook of child psychology*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., pp. 258-312.
- Thornton, et al., 2016. *Daymet: Daily Surface Weather Data on a 1-km Grid for North America; Version 3. ORNL DAAC; Oak Ridge; Tennessee; USA*. <http://dx.doi.org/10.3334>. [Online] Available at: <https://daymet.ornl.gov/single-pixel/> [Accessed 15 Marzo 2017].
- Timmerman, P., 1981. Vulnerability, resilience and the collapse of society. *Environmental monograph No. 1*, Institute for Environmental Studies(University of Toronto, Canada), pp. 1-46.
- TKF, 2015. *The Kresge Foundation*. [Online] Available at: <http://kresge.org/library/bounce-forward-urban-resilience-era-climate-change> [Accessed 22 Septiembre 2017].
- Tobío, C., 1995. *Estructura urbana, movilidad y género en la ciudad moderna*. Galapagar, Madrid, Universidad Carlos III de Madrid.
- Tutoriales, 2013. *Dos métodos para la estimación de poblaciones futuras*. [Online] Available at: <http://ingenieriacivil.tutorialesaldia.com/dos-metodos-para-la-estimacion-de-poblaciones-futuras/> [Accessed 6 Marzo 2018].
- Twigg, J., 2007. *Characteristics of a Disaster Resilient Community: A Guidance Note*. 1 ed. Bangladesh: Disaster Risk Reduction Interagency Coordination Group, pp. 1-40.
- UNAM, 2009. *Vulnerabilidad de las fuentes de abastecimiento de agua potable de la Ciudad de México en el contexto del cambio climático*. [Online] Available at: http://www.cvcccm-atmosfera.unam.mx/sis_admin/archivos/agua_escolero_inffinal_org.pdf [Accessed 18 Mayo 2017].
- UNDP, 2010. *Human Development Reports 2010*. [Online] Available at: <http://hdr.undp.org/es/content/informe-sobre-desarrollo-humano-2010> [Accessed 28 Marzo 2017].
- UN-HABITAT, 2003. *Water and Sanitation in the World's Cities*. [Online] Available at:

- <http://mirror.unhabitat.org/pmss/listItemDetails.aspx?publicationID=1150&AspxAutoDetectCookieSupport=1>
[Accessed 28 Marzo 2017].
- UNISDR, 2012. *Cómo desarrollar ciudades más resilientes - Un Manual para alcaldes y líderes del gobierno*. 1 ed. Ginebra, Suiza: Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres de Naciones Unidas, pp. 1-103.
- UPV, 2012. *Universidad Politécnica de Valencia: inidcadores urbanos*. [Online] Available at: <http://www.upv.es/contenidos/CAMUNISO/info/770174normalc.html>
[Accessed 18 Octubre 2017].
- Van der Veen, A. et al., 2009. *State-of-art on vulnerability of socio-economic systems*. 1 ed. Netherlands: The project is financed by the European Commission by the Seventh Framework Programme Area "Environment", pp. 1-101.
- Vanistendael, S., Vilar, J. & Pont, E., 2009. "Reflexiones en torno a la resiliencia: Una conversación con Stefan Vanistendael". *Educación Social*, Issue 43, pp. 91-101.
- Vargas, S., 2007. Agua y sociedad en el alto Lerma: el módulo Tepetitlán. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*, 4(1), pp. 1-17.
- Velasco, J. J., 2008. La ciénega de Chiconahuapan, Estado de México: un humedal en deterioro constante. *Contribuciones desde Coatepec*, Issue 15, pp. 101-125.
- Walker, B., 2005. "A Resilience Approach to Integrated Assessment". *Integrated Assessment. Bridging Sciences & Policy*, 5(1), pp. 77-97.
- Walker, B., Holling, C. S., Carpenter, S. & Kinzig, A., 2004. "Resilience, Adaptability and Transformability in Social-ecological Systems". *Ecology and Society*, 9(2), pp. 1-9.
- Webster, M., 2015. *Merriam Webster: Dictionary*. [Online] Available at: <https://www.merriam-webster.com/dictionary/urbanism>
[Accessed 14 Febrero 2017].
- Wirth, L., 1938. Urbanism as a Way of Life. *American Journal of Sociology*, 44(1), pp. 1-24.
- WRF, 2014. *Strategies and Practices for Revenue Resiliency*. 1 ed. Seattle: Water Research Foundation, pp. 139-215.
- Yazdani, A., Appiah Otoo, R. & Jeffrey, p., 2011. Resilience enhancing expansion strategies for water distribution systems: A network theory approach. *Environmental Modeling and Software*, 26(12), pp. 1574-1582.
- Yumagulova, L., 2012. Infrastructure planning as a component of urban/regional resilience. In: L. Chelleri & M. Olazabal, eds. *Multidisciplinary perspectives on urban resilience*. Bilbao, Spain: Basque Centre for Climate Change, pp. 21-25.



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



**ENTREVISTA SEMI-ESTRUCTURADA DE RESILIENCIA URBANA PARA
ACTORES CLAVES CON BASE A LA CAPACIDAD DE RESPUESTA ANTE
LA DEMANDA Y DISPONIBILIDAD DEL AGUA POTABLE**

Objetivo: Analizar políticas y acuerdos en el manejo del agua potable a partir de las prácticas de los comités y autoridades municipales con base a la adaptación y transformación en Lerma y San Mateo Atenco.

Lugar _____

Fecha _____

No. De entrevista _____

ADAPTACIÓN URBANA

1. ¿Usted toma decisiones entre grupos para distribuir el agua?
INTERDEPENDENCIA
2. ¿Usted se relaciona con otros comités para compartir experiencias de distribución de agua potable? INDEPENDENCIA
3. ¿Los líderes del grupo promueven el cambio mediante reglas o normas para una mejor distribución del agua? INDEPENDENCIA
4. ¿Tiene proyectos para cuidar el agua? CREATIVIDAD

TRANSFORMACIÓN URBANA

5. ¿Cuenta con fuentes alternas de agua potable (pozos, manantiales o red de agua)?
REDUNDANCIA
6. ¿Qué porcentaje del presupuesto del comité se destina a obras del agua e infraestructura? DIVERSIDAD
7. ¿Existe una coordinación de los comités con el municipio para distribuir el agua?
INTEGRACIÓN

VARIABLES SELECCIONADAS PARA ELABORAR EL ÍNDICE DE RESILIENCIA URBANA POR ESCASEZ DEL AGUA POTABLE

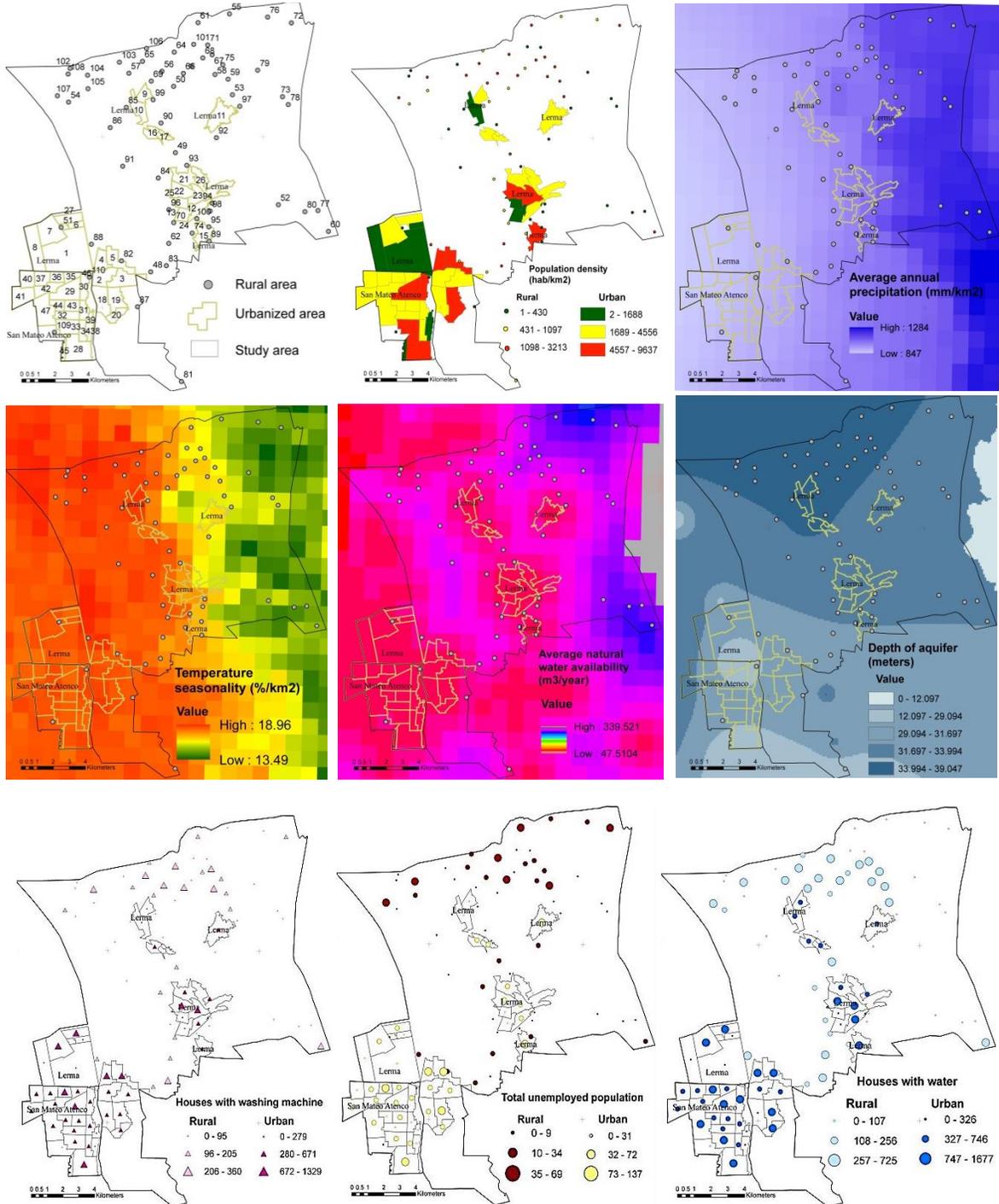
Variable	Descripción	Unidades	Transformación	Adaptación
Población ocupada	Los hogares con más altos ingresos y educación presentan mayores facilidades para acceder al recurso (Madanat & Humplick, 1993). Sin la percepción de ingresos, la accesibilidad a él es limitada.	Número de habitantes por AGEB que trabajan y que no trabajan.	+	
Población desocupada			-	
Población que asiste a la escuela	Cuando la mayor parte de los integrantes de una familia cuentan con educación, las posibilidades de contar con abastecimiento de agua se incrementan (Madanat & Humplick, 1993); condiciones de menor vulnerabilidad.	Número de habitantes que asisten o no a escuela, (sin considerar el nivel de escolaridad).	+	
Población que no asiste a la escuela			-	
Índice de desarrollo humano	El acceso universal a servicios públicos de calidad (incluidos los relacionados con la salud y la asistencia) (PNUD, 2015).	Índice.	+	
Índice de marginalidad	Viviendas carentes de disponibilidad de agua entubada para el consumo e higiene de sus habitantes (Madanat & Humplick, 1993). Incorpora otras variables de desigualdad como la educación, la vivienda, los ingresos económicos y la distribución de la población (localidades con menos de 5,000 habitantes).	Índice.		-
Vivienda	La disponibilidad de agua entubada en la vivienda para el consumo e	Total de viviendas	-	
Viviendas habitadas	higiene de sus habitantes y de la vivienda misma. Otro servicio	Total de viviendas	+	
			+	

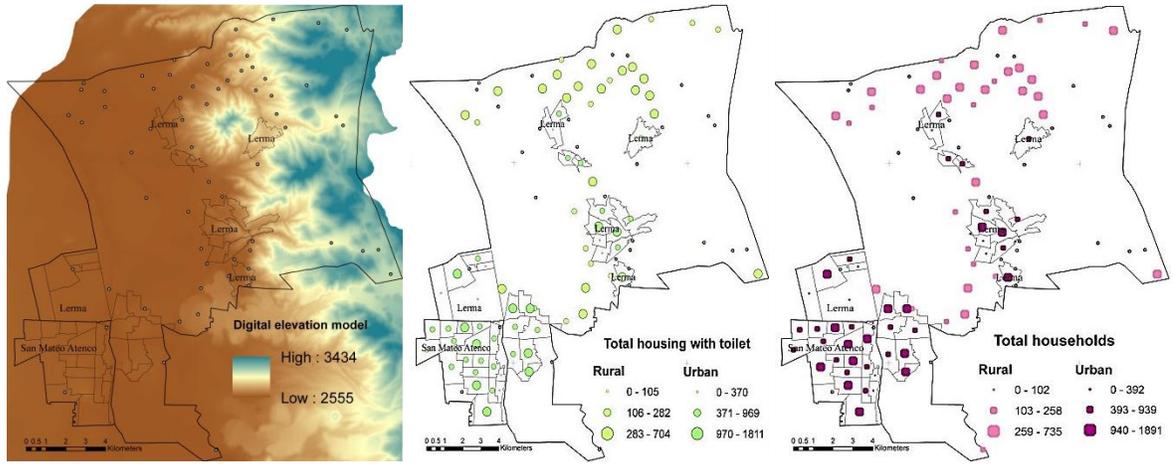
Viviendas con agua entubada	necesario para el desalojo de aguas residuales es el excusado, cuya	que cuentan o no con dichos servicios.	-
Viviendas sin agua entubada	carencia propicia para sus habitantes, específicamente,	riesgos sanitarios	+
Viviendas con acceso a agua	enfermedades gastrointestinales (SEGOB, 2010). Con respecto de la lavadora, se considera como	indicador debido a las cantidades de agua que emplea para su funcionamiento.	-
Viviendas con sanitario			
Viviendas sin sanitario			
Viviendas con lavadora			
Tasa de infecciones intestinales	Las intervenciones simples, aceptables y de bajo costo en las viviendas y la comunidad mejoran significativamente la calidad microbiológica del agua almacenada en los domicilios y reduce los riesgos de muerte a causa de enfermedades diarreicas (Sobsey, 2017). Muchas ciudades no cuentan con cloacas para desechar o tratar las aguas negras, debido a los bajos ingresos con los que cuentan sus habitantes (UN-HABITAT, 2003).	Años * 10 000 hab/km ² de infecciones intestinales.	-
Densidad de población	Indica la concentración del recurso en áreas de mayor suministro.	Hab/km ²	-
Población	Indica la cantidad de agua requerida para su consumo con base en la población total, y proyecta la cantidad para la demanda del recurso en el futuro.	Número total de habitantes de un municipio o localidad.	-
Población de 0-49 años de edad	Ingesta adecuada de agua total que necesita un individuo (incluyendo agua, bebidas y alimentos). (OHS, 2008)	Demanda individual de agua por grupos de	+
Población de más de 50 años de edad			-

		edad.	
Hogares	Que cuenten con la capacidad para pagar los altos costos y tengan acceso a fuentes alternas de abastecimiento como manantiales, red de agua municipal o pipas (Madanat & Humplick, 1993).	Total de hogares por AGEB.	+
Profundidad del acuífero	México es uno de los mayores usuarios de agua subterránea a nivel mundial y enfrenta un crecimiento en la demanda de energía para el bombeo de agua subterránea. Caso de los acuíferos en el Valle de México (Fonseca, et al., 2013).	Profundidad medida en metros	-
Disponibilidad natural media per cápita	Tras una encuesta realizada en varios países, se calculó que el consumo de agua por persona está basado en los ingresos y el uso para el que cada individuo destina el recurso (Brown & Matlock, 2011).	m ³ /año/km ²	+
Precipitación anual media	La precipitación media total registrada en México es de 772 mm/año, aproximadamente, lo que equivale a 1 528 km ³ de agua (PNUMA, 2004).	mm/km ²	+
Estacionalidad de la temperatura	En México, el consumo de agua en (litros/habitante/día) con base en las temperaturas se distribuye por climas: cálido, semi-cálido y templado (PNUMA, 2004).	%/km ²	+

Fuente: elaboración propia

Cartografía utilizada en el índice de resiliencia de la población





Nombres de los emplazamientos de Lerma y San Mateo Atenco

Número	Lugar	Número	Lugar
1	Isidro Fabela	65	Santa Catarina
2 al 5	Lerma de Villada	66	Santa María Tlalmimilolpan
3	El Calvario	67	Colonia Guadalupe Victoria (La Capilla)
6 y 7	Santa Rosa	68	Colonia Adolfo López Mateos
8	Emiliano Zapata	69	Colonia Reforma Tlalmimilolpan
9 y 10	Colonia Álvaro Obregón	70	Santa Cruz Chignahuapan
11	San Francisco Xochicuautila	71	Flor de Gallo Huitzilapan
12 al 14	San Mateo Atarasquillo	72	Las Rajas Huitzilapan (San Martín)
15	San Miguel Ameyalco	73	Rancho Viejo
16 y 17	San Nicolás Peralta	74	La Montoya
18 al 20	San Pedro Tultepec	75	Santa Cruz Huitzilapan
21 al 25	Santa María Atarasquillo	76	La Lupita (Casas Viejas)
26	Santiago Analco	77	Llano Capacho
27	Colonia los Cedros	78	Llano de los Negros
28 y 45	Barrio de Guadalupe	79	Mogini
29	San Mateo Atenco	80	La Pedrera
30	San Juan	81	Santa Cruz Tultepec
31 y 39	San Francisco II	82	Colonia Guadalupe la Ciénega
32	San Miguel	83	Fraccionamiento y Club de Golf los Encinos
33	San Francisco	84	La Manga (La Laguna)
34	San Lucas	85	El Árbol
35	La Concepción	86	Casa Blanca (Tierras Nuevas)
36	Santa Elena	87	El Caracol
37	Buenvista	88	Colonia Isidro Fabela
38	San Lucas	89	Cristo Rey
40 y 41	Alvaro Obregón	90	La Loma
42	San Isidro	91	Ejido de San Lorenzo Huitzilapan
43 y 44	Magdalena	92	Colonia Buenvista
46	San Pedro	93	Colonia Cucuhapan
47	Santa María la Asunción	94	Colonia las Águilas
48	Amomolulco	95	Colonia Ojo de Agua
49	Colonia Agrícola Analco	96	Ejido de San Mateo Atarasquillo
50	Barranca Grande	97	La Joya

51	Colonia la Bomba	98	La Ladera
52	Cañada de Alferes	99	San Pablo
53	La Concepción Xochicuatla	100	El Tiradero
54	El Espino Peralta	101	Endexhe
55	Las Mesas Huitzilapan	102	Colonia Celso Vicencio
56	Metate Viejo	103	Colonia 5 de Mayo
	Tlalmimilolpan		
57	Pueblo Nuevo	104	Colonia Emiliano Zapata
	Tlalmimilolpan		
58	Zacamulpa Huitzilapan	105	Colonia Francisco I. Madero
	(San Isidro)		
59	Zacamulpa Tlalmimilolpan	106	Dolores (Ranchería Dolores)
60	Salazar	107	El Espino
61	San Agustín Huitzilapan	108	La Jardona
62	San José el Llanito	109	Barrio de San Francisco (San Agustín)
63	San Lorenzo Huitzilapan	110	Barrio de San Pedro
64	San Pedro Huitzilapan		

Fuente: (INEGI, 2010b)

Artículo enviado



Revista de
DIREITO DA CIDADE



ISSN 2317-7721

Índice de impacto Qualis Direito (2013-2014): 5,58

[CAPA](#) [SOBRE](#) [CATEGORIAS](#) [ATUAL](#) [ANTERIORES](#) [NOTÍCIAS](#) [DIRETRIZES PARA AUTORES / GUIDELINES FOR AUTHORS](#) [PPGDIR UERJ / POSTGRADUATE PROGRAM IN LAW - UERJ](#) [CONTRIBUIDORES / CONTRIBUTORS](#) [USUÁRIO / USER](#) [SUBMISSÕES / SUBMISSIONS](#) [PESQUISA / SEARCH](#) [AVALIADORES/EVALUATORS](#)

Qualis A1, Direito



Capa > Usuário > Autor > Submissões > #33932 > Avaliação

[RESUMO](#) [AVALIAÇÃO](#) [EDIÇÃO](#)

Submissão

Autores Martín Vázquez Sánchez, José Juan Méndez Ramírez, Carlos Alberto Mastachi Loza, Belina Martínez Fajardo 
Título La resiliencia de San Pedro Tultepec, Lerma frente a la escasez de agua potable de los comités
Seção Artigos/Articles
Editor Maurício Mota 

Avaliação

Rodada 1
Versão para avaliação 33932-112995-2-RV.DOCX 2018-05-09
Iniciado 2018-05-09
Última alteração 2018-06-26
Arquivo enviado Avaliador D 33932-114684-1-RV.DOCX 2018-05-22



Este trabalho está licenciado sob uma Licença Creative Commons Attribution 3.0 .

Indexada em | Indexed by:



NOTIFICAÇÕES

- Visualizar (1 nova(s))
- Gerenciar

USUÁRIO

- Logado como:
martin-vo872
- Meus periódicos
 - Perfil
 - Sair do sistema

CONTEÚDO DA REVISTA

Pesquisa



INFORMAÇÕES

- Para leitores
- Para Autores
- Para Bibliotecários

IDIOMA

Selecione o idioma
Português (Brasil) ▼

SUBMITER

TAMANHO DE FONTE



Ajuda do sistema

AUTOR

- Submissões
- Ativo (1)



Página Inicial
Acerca de
Políticas de uso
Manual de depósito

Consultas
Por Autor
Por Año
Por Clasificación JEL
Por Colección
Por División
Búsqueda Avanzada

Iniciar sesión
Registrarse

ÍNDICE DE RESILIENCIA URBANA EN EL ABASTECIMIENTO DEL AGUA POTABLE EN LERMA Y SAN MATEO ATENCO, ESTADO DE MÉXICO

Vázquez Sánchez, Martín; Méndez Ramírez, José Juan y Mastachi Loza, Carlos Alberto (2016): *ÍNDICE DE RESILIENCIA URBANA EN EL ABASTECIMIENTO DEL AGUA POTABLE EN LERMA Y SAN MATEO ATENCO, ESTADO DE MÉXICO*. In: El desarrollo regional frente al cambio ambiental global y la transición hacia la sustentabilidad. Asociación Mexicana de Ciencias para el Desarrollo Regional A.C., México. ISBN AMECIDER: 978-607-96649-2-3 UNAM: 978-607-02-8564-6

PDF
Descargar (590kB)



Resumen

La resiliencia con enfoque urbano es relativamente reciente, se orienta a las ciudades con problemas ocasionados principalmente por el cambio climático, uno de estos problemas es la demanda, disponibilidad y suministro del agua potable, por ello diferentes estudiosos evalúan la resiliencia urbana. Con respecto a la vulnerabilidad del agua Sales, (2009) considera que se asocia a la tala immoderada, propicia la desertificación y el azolve de los cuerpos de agua; las cuencas están contaminadas por las aguas residuales no tratadas; los mantos freáticos se agotan por la sobreexplotación para uso agrícola, industrial y doméstico; y cada año el calentamiento global aumenta la crisis del agua ya que han cambiado los ciclos del agua y de sequía. Esto significa que el problema del agua se relaciona con la escasez, el cual se ve influenciado por la disponibilidad y demanda del recurso para su abastecimiento como el caso de Lerma y San Mateo Atenco, Estado de México. La investigación realizada aplica el índice de resiliencia urbana en el abastecimiento del agua potable construida mediante dos conceptos la transformación y la adaptación utilizando tres categorías (alto, moderado y bajo), compuesto por 24 variables, analizados mediante la normalización de los datos y posteriormente con el análisis factorial utilizando el método varimax. El resultado obtenido desde el enfoque urbano, la transformación y la adaptación en el abastecimiento del agua potable son diferentes procesos que no van a la par, sino que existe un desfase. Mientras la transformación es alta y constante la adaptación presenta altas y bajas, es probable que se deba a las múltiples

34. MUNICIPIO SAN PEDRO DE LA CUEVA, SONORA. In: El desarrollo regional frente al cambio ambiental global y la transición hacia la sustentabilidad. Asociación Mexicana de Ciencias para el Desarrollo Regional, A. C, México. ISBN AMECIDER: 978-607-96649-2-3 UNAM: 978-607-02-8564-6



35. **Marañón Pimentel, Boris; Zamora Lomelí, Carla Beatriz; Caballero Aguilar, Hilda; Miranda Zambrano, Gloria Amparo; López Córdova, Dania; Rojas Herrera, Juan José y Calderón Mares, Sandra Luz** *Políticas para la solidaridad económica y el Buen Vivir en México*. Sin colección o serie . Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México. ISBN 9786070281457



36. **Navarrete Canté, Rangel Antonio; Martín Calderón, Elsy Verónica y Parra Argüello, Fanny Yolanda** (2016): *EL MAPEO DE LA CADENA DE VALOR COMO INSTRUMENTO PARA LA DETECCIÓN DE ALTERNATIVAS DE DESARROLLO Y CRECIMIENTO EN LA INDUSTRIA DEL CALZADO DE TICUL, YUCATÁN*. In: El desarrollo regional frente al cambio ambiental global y la transición hacia la sustentabilidad. Asociación Mexicana de Ciencias para el Desarrollo Regional, A. C, México. ISBN AMECIDER: 978-607-96649-2-3 UNAM: 978-607-02-8564-6



37. **Vázquez Sánchez, Martín; Méndez Ramírez, José Juan y Mastachi Loza, Carlos Alberto** (2016): *ÍNDICE DE RESILIENCIA URBANA EN EL ABASTECIMIENTO DEL AGUA POTABLE EN LERMA Y SAN MATEO ATENCO, ESTADO DE MÉXICO*. In: El desarrollo regional frente al cambio ambiental global y la transición hacia la sustentabilidad. Asociación Mexicana de Ciencias para el Desarrollo Regional A.C., México. ISBN AMECIDER: 978-607-96649-2-3 UNAM: 978-607-02-8564-6





Página Inicial
Acerca de
Políticas de uso
Manual de depósito

Consultas
Por Autor
Por Año
Por Clasificación JEL
Por Colección
Por División
Búsqueda Avanzada

Iniciar sesión
Registrarse

UMBRALES DEL AGUA FRENTE A LA ESCASEZ CON BASE A LA RESILIENCIA URBANA EN LERMA Y SAN MATEO ATENCO, ESTADO DE MÉXICO

Vázquez Sánchez, Martín; Méndez Ramírez, José Juan y García Fajardo, Belina (2018): *UMBRALES DEL AGUA FRENTE A LA ESCASEZ CON BASE A LA RESILIENCIA URBANA EN LERMA Y SAN MATEO ATENCO, ESTADO DE MÉXICO*. In: DESARROLLO REGIONAL SUSTENTABLE Y TURISMO. Universidad Nacional Autónoma de México y Asociación Mexicana de Ciencias para el Desarrollo Regional A.C., Coeditores, México. ISBN UNAM: 978-607-02-9999-5, AMECIDER: 978-607-96649-6-1

PDF
Descargar (836kB)



Resumen

México ha cruzado el umbral entre la disponibilidad media a baja, ya que dispone de menos de 5 mil m³ de agua anual por habitante. El trabajo se realiza en los municipios Lerma y San Mateo Atenco por la sobreexplotación del acuífero del Valle de Toluca y la demanda de agua por parte de la ciudad de México, lo que ha puesto a los municipios en situación vulnerable a la escasez del agua. Por ello el objetivo es ubicar el umbral aceptable que permita a los municipios tomar medidas estratégicas para mantener disponible el agua ante la creciente demanda de los usuarios. Los resultados obtenidos se refleja en la disponibilidad alta del agua, sin embargo con el paso de los años seguirá disminuyendo, también las acciones realizadas por los habitantes son determinantes para cuidar el agua y una crisis fomenta y refuerza la estabilidad de la ciudad para afrontar la vulnerabilidad y aumentar la resiliencia urbana.



Página Inicial
Acerca de
Políticas de uso
Manual de depósito

Consultas
Por Autor
Por Año
Por Clasificación JEL
Por Colección
Por División
Búsqueda Avanzada

Iniciar sesión
Registrarse

Documentos donde el Autor es "Vázquez Sánchez, Martín"

Subir un nivel

Exportar como

Atom RSS 1.0 RSS 2.0

Agrupar por: **Tipo de Documento** | [Sin Agrupar](#)

Ir a: [Sección de Libro](#)

Número de documentos: 2.

Sección de Libro

Vázquez Sánchez, Martín; Méndez Ramírez, José Juan y García Fajardo, Belina (2018): *UMBRALES DEL AGUA FRENTE A LA ESCASEZ CON BASE A LA RESILIENCIA URBANA EN LERMA Y SAN MATEO ATENCO, ESTADO DE MÉXICO*. In: DESARROLLO REGIONAL SUSTENTABLE Y TURISMO. Universidad Nacional Autónoma de México y Asociación Mexicana de Ciencias para el Desarrollo Regional A.C., Coeditores, México. ISBN UNAM: 978-607-02-9999-5, AMECIDER: 978-607-96649-6-1

Vázquez Sánchez, Martín; Méndez Ramírez, José Juan y Mastachi Loza, Carlos Alberto (2016): *ÍNDICE DE RESILIENCIA URBANA EN EL ABASTECIMIENTO DEL AGUA POTABLE EN LERMA Y SAN MATEO ATENCO, ESTADO DE MÉXICO*. In: El desarrollo regional frente al cambio ambiental global y la transición hacia la sustentabilidad. Asociación Mexicana de Ciencias para el Desarrollo Regional A.C., México. ISBN AMECIDER: 978-607-96649-2-3 UNAM: 978-607-02-8564-6