



**El Colegio
de la Frontera
Norte**

LA PLANEACIÓN URBANO-AMBIENTAL: UN CASO DE
APROVECHAMIENTO DE ESCORRENTÍA URBANA PARA USOS
SUNTUARIOS EN LA CIUDAD DE CUERNAVACA, MORELOS.

Tesis presentada por

Juan Manuel Figueroa Mendiola

para obtener el grado de

MAESTRO EN GESTIÓN INTEGRAL DE AGUA

Monterrey, Nuevo León, México

2014

CONSTANCIA DE APROBACIÓN

Directora de Tesis: _____

Dra. Blanca Cecilia García Quiroz

Aprovada por el Jurado Examinador:

1. _____

2. _____

3. _____

Dedicatoria

A mi familia, mis padres:

Manuel Figueroa, quien siempre con sus palabras me motivo a seguir estudiando.

Ma. Luisa Mendiola, quien me enseñó a valorar el agua desde pequeño.

mis hermanos:

Viridiana y Marco Antonio, quienes son mis compañeros de infancia y dignos de mi admiración por lo que han logrado, aún con los obstáculos que te pone la vida.

a Elizabeth:

Quien es la mujer que me alegra la vida, día con día.

Agradecimientos

Agradezco al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología CONACYT por darme la oportunidad de estudiar un posgrado de tiempo completo.

Al Colegio de la Frontera Norte (Colef) por abrirme las puertas para estudiar un posgrado de alta calidad.

A mi directora de Tesis, la Dra. Blanca García por todo su tiempo dedicado a mi proyecto de investigación, al igual a mi codirector de tesis, el Dr. Rafael Monroy por su apoyo a lo largo de mi actividad académica, a la Dra. Ana Córdova por su apoyo en la dirección del trabajo de investigación y facilitar ciertos aspectos en los cuales me sentía perdido.

Al Instituto Mexicano de Tecnología del Agua por permitirme la movilidad en el departamento de Hidráulica Urbana, y en especial, a los Ingenieros: Víctor Alcocer Yamanaka, Petronilo Cortez, Manuel Rodríguez, Pedro Albornoz, Oscar Llaguno y Carlos Martínez. Al igual que a la Dra. Sofía Garrido se la subordinación de potabilización.

Al Sistema de Agua Potable y Alcantarillado de Cuernavaca, por facilitarme información para realizar el estudio, especialmente a los ingenieros, Héctor Figueroa, Pedro Flores, y igual que al Arquitecto Jorge Cianci.

Resumen y palabras clave

Este trabajo de investigación tiene el objetivo de analizar la viabilidad ambiental, económica social y jurídica del aprovechamiento de los escurrimientos pluviales en áreas verdes públicas y privadas en zonas de uso de suelo de baja densidad en la ciudad de Cuernavaca, Morelos. El estudio toma como ejes teórico-conceptuales la *Planeación Urbano Ambiental*, y el *Desarrollo Urbano Sustentable*, aterrizado en el concepto de *Ciudad Sustentable* el cual integra los escurrimientos al concepto de metabolismo urbano. La estrategia metodológica utilizada para lo ambiental, se construyó a partir de una estancia de movilidad realizada en el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, donde, se obtuvo la localización de los escurrimientos pluviales en la ciudad de Cuernavaca. En segundo lugar, para la dimensión social, a partir del trabajo de campo desarrollado en el organismo operador de Cuernavaca, se aplicaron encuestas y la metodología AHP a un grupo de usuarios para comparar diferentes medidas de gestión para conocer su percepción respecto a medidas para el ahorro de agua en su colonia. Finalmente, para completar el estudio de viabilidad, se analizó con datos secundarios lo económico así como jurídico. Finalmente se obtuvieron hallazgos relevantes al presente trabajo de investigación. Por ejemplo, se muestra que los escurrimientos pluviales identificados tienen un alto potencial de aprovechamiento en usos suntuarios dentro de las colonias de densidad baja en Cuernavaca. Como conclusión, este estudio propone que los escurrimientos urbanos pueden aprovecharse para mitigar el estrés hídrico con el que actualmente cuenta Cuernavaca.

Palabras Clave: Escurrimientos pluviales, Escorrentía, Viabilidad, Planeación Urbana Sensible al Agua, Sustentabilidad Urbana, Eco-ciudades, Cuernavaca.

Abstract

This piece of research aims to analyze the environmental, economic, social and legal viabilities of rainwater runoff use in green (public and private) areas in the city of Cuernavaca, (Central Mexico). This four-dimension analysis will stem from *Environmental Urban Planning*, *Sustainable Urban Development* and *Water Sensitive Urban Planning* frameworks. It is anticipated these theories will allow the integration of the runoff concept into Urban Metabolism approaches relevant to this research. Following such concepts, a methodological strategy was built around the four chosen dimensions. The environmental viability dimension was developed at Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA) using specialized mapping technology in order to locate, identify and analyze city rain runoffs. The social viability analysis was developed at the Water Utility Services unit in Cuernavaca, where a survey and a Hierarchical Process Analysis (AHP) methodology were used in order to identify the users' view on water management issues, while economic and legal viability dimensions were completed with secondary data analysis. Findings show that some identified rain runoffs around the city have the potential to store and supply water for green area use in the low density neighborhoods (residential areas). Therefore, the study will advance the use of rainwater runoff in the city, stating this strategy is not a *cure-all* solution but a useful strategy that should be combined with others to preserve water for our future generations.

Keywords: Rainwater runoff, runoff, , Water Sensitive Urban Planning, Environmental Urban Planning.

ÍNDICE GENERAL

Páginas

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.....	1
La Planeación Urbano-Ambiental	
1.1 Planteamiento del problema (Política urbana de Gestión de Agua).....	2
1.2 Antecedentes e Interrogantes (Afectación en la disponibilidad de Agua).....	3
1.3 Objetivos General.....	5
1.4 Objetivos Específicos.....	5
1.5 Hipótesis.....	6
1.6 Justificación del estudio.....	6
1.7 Capitulado de tesis.....	7
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO-CONCEPTUAL.....	9
La escorrentía urbana	
2.1 Metabolismo Urbano.....	12
2.1.2 El ciclo hidrológico urbano.....	12
2.2 Escorrentía.....	12
2.3 Nueva Gobernabilidad del Agua.....	13
2.4 Usos de suelo.....	14
2.5 Otras definiciones de usos de agua.....	15
CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO Y TRABAJO DE CAMPO.....	19
Escorrentía y Disponibilidad	
3.1 Introducción.....	19
3.2 Estrategia Metodológica.....	19
3.2.1 Marco Contextual.....	19
3.2.2 Delimitación espacio-temporal del estudio.....	22
3.3 Sujetos de estudio, casos y/o unidades de análisis	23
3.3.1 Fuentes de información.....	24
3.4 Instrumentos de recolección y organización de la información.....	24
3.4.1 Nota Metodológica sobre AHP.....	28
3.4.2 Primera etapa AHP.....	28
3.4.3 Segunda etapa AHP.....	29
3.5 Trabajo de campo.....	32
3.5.1 Datos y Fuentes de Información Obtenidos.....	32
3.6 Escorrentía y Disponibilidad: Cuatro dimensiones de Viabilidad.....	34
CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE VIABILIDAD AMBIENTAL.....	36
4.1 Viabilidad Ambiental.....	36
4.2 Identificación del escurrimiento pluvial con líneas de corriente y microcuencas generadas.....	37

CAPÍTULO V: ANÁLISIS DE VIABILIDAD ECONÓMICA.....	48
5.1 Primera zona potencial para aprovechamiento de la escorrentía.....	53
5.2 Segunda zona potencial para aprovechamiento de la escorrentía.....	55
5.3 Tercera zona potencial para aprovechamiento de la escorrentía.....	56
 CAPÍTULO VI: ANÁLISIS DE VIABILIDAD SOCIAL.....	 68
6.1 Instrumento de encuestas.....	68
6.2 Proceso de aplicación de encuestas.....	69
6.3 Síntesis e interpretación de encuestas.....	72
6.4 Elección AHP.....	73
6.5 Diagrama AHP.....	74
6.5 Aplicación AHP.....	77
6.7 Entrevistas.....	86
 CAPÍTULO VII: ANÁLISIS DE VIABILIDAD JURÍDICA.....	 88
7.1 Plan Municipal de Desarrollo de Cuernavaca (PMD).....	88
7.2 Acuerdo y Reglamento Interior del Sistema de Agua Potable y Alcantarillado.....	93
7.3 Ley Estatal de Agua Potable del Estado de Morelos (LEAP).....	94
7.3.1 Concesiones a sectores sociales o privados LEAP.....	98
7.4 Ley de Aguas Nacionales (LAN).....	101
7.4.1 Política Hídrica Nacional.....	103
7.5 Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente.....	107
7.6 Ley de Aguas del Distrito Federal.....	108
 CAPÍTULO VIII: HALLAZGOS Y RESULTADOS.....	 113
8.1 Potencial de Aprovechamiento de la Escorrentía.....	113
8.2 Las Cuatro Dimensiones de Viabilidad.....	113
8.3 Discusión: Propuestas y alternativas de Aprovechamiento de la Escorrentía.....	113
8.4 Conclusiones.....	116

ÍNDICE DE GRÁFICAS	Páginas
Grafica 6.1.....	69
Grafica 6.2.....	69
Grafica 6.3.....	70
Grafica 6.4.....	71
Grafica 6.5.....	71

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Conceptos para comprender el aprovechamiento de agua.....	10
Tabla 3.3 Dimensiones, conceptos y variables de estudio.....	23
Tabla 3.4 Escala de importancia relativa.....	30
Tabla 3.5 Lista de datos obtenidos en trabajo de campo.....	33
Tabla 5.1 Litros consumidos por persona al día.....	53
Tabla 5.2 Costo de infraestructura para distribución de agua potable.....	61
Tabla 5.3 Datos de las colonias con potencial de aprovechamientos pluviales.....	65
Tabla 5.4 Costos y retorno de inversión.....	65
Tabla 6.1 Ejemplo de aplicación AHP, comparación por pares AHP.....	78
Tabla 6.2 Jerarquías para la comparación de pares AHP.....	78
Tabla 6.3 AHP aplicada a usuario de SAPAC.....	79
Tabla 6.4 AHP aplicada a usuario de SAPAC.....	80
Tabla 6.5 AHP aplicada a usuario de SAPAC.....	82
Tabla 6.6 Ejemplo de resultados del AHP aplicado a los usuarios.....	84

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Las cuatro dimensiones del análisis de Viabilidad.....	17
Figura 3.4 Esquema jerárquico de tres niveles básicos.....	29
Figura 3.4.1 Escala basada en la comparación de pares.....	30
Figura 5.1 Áreas verdes para infraestructura de captura de escurrimientos en colonia Reforma y Vista Hermosa	62
Figura 5.2 Áreas verdes para infraestructura de captura de escurrimientos en colonia Reforma y Vista Hermosa	62
Figura 5.3 Zona para infraestructura para colonia Lomas de la Selva	63
Figura 5.4 Zona de infraestructura para la colonia San Antón.....	64

Figura 6.1 Diagrama AHP medidas de gestión para el ahorro del agua.....	75
---	----

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Localización de Cuernavaca.....	20
Ilustración 2. Modelo Digital de Elevación de Cuernavaca.....	38

ÍNDICE DE MAPAS

Mapa 1. Relleno de hundimientos.....	39
Mapa 2. Dirección de flujo.....	40
Mapa 3. Acumulación de flujo.....	41
Mapa 4. Definiciones de Corriente.....	42
Mapa 5. Segmentación de corriente.....	43
Mapa 6 Delimitación de cuencas.....	44
Mapa 7 Procesamiento de polígonos.....	46
Mapa 8. Líneas de corriente.....	47
Mapa 9. Escurrimientos dirigidos a barrancas	50
Mapa 10 Consumo de agua en las colonias de Cuernavaca	51
Mapa 11. Extracción de agua en pozos	52
Mapa 12. Avenidas de esorrentía y colonias para aprovechamiento.....	57
Mapa 13. Avenidas de esorrentía y colonia Lomas de la Selva para aprovechamiento.....	58
Mapa 14. Avenidas de esorrentía y colonia San Antón para aprovechamiento.....	59
Mapa 15. Escurrimientos en la ciudad de Cuernavaca.....	60

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1-Figura 1. Lado A cuestionario.....	I
Anexo 2-Figura 2. Proceso analítico Jerárquico.....	II
Anexo 3-Tabla 5.6 Ejemplo de resultados del AHP aplicado a los usuarios.....	III

Anexo 4- Mapa de localización Cuenca Río Balsas	VII
Anexo 5- Tabla Lluvia de 2 horas un periodo de retorno de 2 años con 84 mm de lluvia.....	VII
Anexo 6 – Hidrograma de lluvia de 12 horas presentada en Cuernavaca, 2 horas de lluvia y 10 de escurrimiento.....	VIII
Anexo 7- Mapa Áreas verdes para infraestructura o retrofit.....	IX
Anexo 8-Mapa Usos de suelo de Cuernavaca.....	X
Anexo 9-Tabla Cisterna de ferrocemento.....	XI
Anexo 10-Tabla Cisterna de concreto.....	XI
Anexo 11-Tabla Almacenamiento en Geomembrana.....	XI

En este trabajo de investigación se toma como eje teórico-conceptual la perspectiva de la Planeación Urbano Ambiental (PUA). Dicho concepto considera dos elementos esenciales para una gestión integral de los recursos urbanos: la planeación de la ciudad y el cuidado del ambiente. La PUA se inserta en una lógica de Desarrollo Urbano Sustentable (DUS), donde se promueven transformaciones a favor del ambiente: gestionando el entorno urbano, cuidando los recursos naturales, buscando beneficios y la satisfacción de los habitantes de comunidades urbanas en las generaciones actuales y futuras. La correspondencia entre DUS y PUA (dado que uno precede a la otra) les estructura como pilares conceptuales en la construcción de nociones emergentes de planeación en el contexto urbano tales como el *Diseño Urbano Sensible al Agua* (WSUD, por sus siglas en inglés), las *Eco-ciudades* y las *Ciudades Sustentables* (Carrión, 1999, Novotny, et al., 2010, Karvonen, 2011) entre otras. Una *Ciudad Sustentable*, por ejemplo, tiene entre sus objetivos buscar la reducción en el consumo de recursos naturales y un equilibrio entre naturaleza, ecología y sociedad, como se expone más adelante. La presente investigación se aborda desde esquemas de diseño urbano referentes a la PUA, particularmente en términos de la gestión del agua, dado que está es un factor primordial para el desarrollo de las ciudades. Desde la perspectiva de la PUA se consideran algunos beneficios generales de la gestión cuidadosa del agua, que incluyen la captación del agua pluvial en un contexto urbano, así como la implementación de políticas para mejorar la disponibilidad del agua. De la misma forma, ambos casos resultan relevantes para las condiciones generadas por aquellas ciudades identificadas en los rangos medios y altos de crecimiento. Con este propósito de investigación, el estudio se enfoca en las condiciones de las ciudades medias mexicanas, particularmente para el caso de Cuernavaca, Morelos.

En dicho contexto, la presente investigación se propone estudiar las posibilidades de aprovechamiento de agua pluvial para usos suntuarios en el sector doméstico de baja densidad en Cuernavaca. Este sector tiene una densidad de población de hasta 50 habitantes por hectárea, además que cuenta con un potencial de aprovechamiento del agua pluvial

primordialmente en sus áreas verdes, jardines y/o albercas. El estudio de tales circunstancias, así como la de su posible adaptación para la captura de agua de lluvia y re-uso, podría tener efectos en el *estrés hídrico*¹ que se podría presentar en un futuro cercano en la ciudad. Siguiendo esta expectativa, este trabajo de investigación se ha propuesto contribuir a la búsqueda de dicha viabilidad desde la perspectiva de la PUA.

1.1 Planteamiento del Problema (Política urbana de Gestión del Agua)

La tasa de crecimiento urbano de los últimos cincuenta años ha ejercido presión sobre los ecosistemas. Debido a la expansión de las ciudades se manifiesta un incremento en demanda de agua, así como una limitación de la recarga de mantos acuíferos (Chaturvedi, 2011: 103). Se estima que en 2025, el consumo de agua en las zonas urbanas se duplicará a la par del crecimiento del sistema urbano mundial (ibidem). Además, se prevé que buena parte del crecimiento urbano provenga de asentamientos sin planificación o de barrios marginales ubicados dentro o alrededor de las mega-ciudades (Chaturvedi, 2011:104).

En México, las ciudades no cuentan con un marco general que permita guiar la gestión pública en favor de su sustentabilidad. En la práctica tampoco existe una regulación en las decisiones públicas locales para enfrentar el crecimiento y expansión de las ciudades en el territorio adyacente o en su propia jurisdicción, o para ofrecer una adecuada calidad del entorno que permita alcanzar un mínimo nivel de vida y bienestar para todos sus habitantes (Graizbord, 2011: 36).

Incluso puede observarse que uno de los principales problemas asociados al desarrollo urbano del país, es que no todos los estados cuentan con un programa sectorial. De hecho en el 95% del territorio no se dispone de política urbana alguna (Monroy-Ortiz, 2011: 261). Los estados que si cuentan con una se concentran en el centro del país. Por ejemplo la Ley de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano Sustentable de Morelos (2009), contempla que haya una actualización y seguimiento de los programas de ordenamiento, pero los municipios del estado de Morelos no han elaborado sus programas bajo los criterios de dicha ley, incluido

¹ Sucede cuando la demanda de agua es más grande que la cantidad disponible y cuando su uso es restringido por su calidad (lo más común es sobreexplotación de acuíferos, o ríos secos).

el de la ciudad de Cuernavaca, por lo que a escala municipal, las políticas tienen una incidencia menos concreta (Monroy, 2011: 267).

Otro de los problemas consiste en que los instrumentos de planeación urbana se encuentran obsoletos y ya no responden a la realidad actual. También hay una escasa vinculación entre el ordenamiento ecológico, el ordenamiento territorial, el desarrollo urbano y la sustentabilidad obligada. Los problemas ambientales más observados en Cuernavaca son: la degradación de las “barrancas” por asentamientos indiscriminados; desagües domiciliarios sin tratamiento; basura y falta de accesibilidad para limpieza; el deterioro y pérdida de servicios ambientales (agua, aire, clima) de los bosques altos de la zona norte, por asentamientos habitacionales y talas indiscriminadas; así como la falta de áreas verdes de uso público en la trama urbana. Este último contrasta con la "imagen verde" del Municipio por la abundante vegetación de las áreas privadas. (PDM 2012).

1.2 Antecedentes e Interrogantes (Afectación en la disponibilidad de agua)

La Ley de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano Sustentable del Estado de Morelos (2009), propone que se tendrá que mejorar la calidad de vida de la población, elevar la productividad, preservar los recursos naturales y proteger el medio ambiente, pero la incompatibilidad entre las atribuciones ecológicas y urbanas sobresale como una inconsistencia difícil de resolver.

Por ejemplo, la concentración urbana de Cuernavaca claramente ha venido presionando cada vez más al acuífero de la zona. A ello se añade, la ocupación del suelo, que se concentra particularmente para la expansión urbana. Ambas condiciones limitan la infiltración de agua hacia el acuífero, debido a que la urbanización progresiva ha venido reduciendo la permeabilidad del suelo por el recubrimiento de calles y avenidas con concreto o asfalto, los cuales ocupan el 75% del área urbana. Esta situación ha cambiado los patrones de ocupación del suelo en los últimos cincuenta años, los cuales se dividían principalmente entre el 66% de usos forestales (Monroy, 2009:50).

Así pues, existe una sobreexplotación del acuífero (condición que resulta cuando la extracción del agua del acuífero supera su recarga). En el caso de Cuernavaca, los datos del acuífero indican que en el año 2009 su recarga media anual fue de 395 Mm³/año (DOF, 2009), en

contraste con los años 50's cuando se tenía 50% mayor capacidad de recarga (Monroy, 2006:52). Por ello, si continúan las tendencias de la demanda de agua, junto con las de ocupación del suelo se proyecta un 20% de déficit para la siguiente década (Monroy, 2006: 46-57).

Los usos de suelo de densidad baja generan alrededor del 66% de la demanda total de agua municipal y solamente concentra al 37% de la población de Cuernavaca. Por lo tanto la distribución del agua es inequitativa, ya que los habitantes de altos ingresos en las zonas residenciales de baja densidad habitacional consumen mucho más que los habitantes de menores ingresos de zonas de media y alta densidad habitacional. Esto se debe en gran parte a que las estructuras tarifarias no sancionan a los altos consumidores con precios significativamente altos pudiendo consumir más de 70 m³ y sólo pagan 0.085 de salario mínimo es decir pagan aproximadamente 5.42 pesos por m³ consumido (LEAP 2001).

El área libre de urbanización de la ciudad de Cuernavaca, sólo permite recuperar un 10% del volumen utilizado, por lo que los usos urbanos habitacionales, tienen la demanda potencial de agua y ésta no logra su recuperación en el área libre de urbanización en hasta aproximadamente en un 35% (Monroy, 2006: 46-57). Por ello se depende de los usos agroforestales para cubrir de los servicios ambientales a la ciudad, es decir el área urbana no tiene la suficiente cantidad de espacios verdes para recarga del acuífero, o para usos múltiples para los habitantes (ibidem).

Así pues, respecto de la disponibilidad de agua en la ciudad se observan los efectos negativos de la ocupación del suelo así como un acto inequitativo de consumo de agua residencial. De forma que la aglomeración urbana de Cuernavaca podría transitar hacia prácticas menos destructivas ambientalmente o re-orientando el uso de recursos desde la política pública local que beneficie la urbanización y la calidad de vida de los habitantes de la ciudad. Por ello, para los propósitos de este estudio se plantea la siguiente interrogante:

¿De qué manera contribuyen estrategias de Planeación Urbano-Ambiental como la captura de la escorrentía del agua de lluvia a mejorar la disponibilidad del uso de agua de una ciudad media como Cuernavaca?

La formulación de dicha interrogante guiará a alcanzar los siguientes objetivos:

1.3 Objetivo General.

Analizar la viabilidad ambiental, económica, social y jurídica del aprovechamiento de escurrimientos pluviales para riego de áreas verdes públicas y privadas en zonas de uso de suelo de baja densidad en la ciudad de Cuernavaca.

Dicho análisis se realizará a través de un estudio de viabilidad que incluye un conjunto de los componentes esenciales que inciden en una visualización en la disponibilidad de agua en ciudades medias como Cuernavaca, estos incluyen la población total que alcanza 360, 000 habitantes, así como la precipitación, la infiltración, la escorrentía superficial y las zonas de baja densidad. Incluye asimismo un comparativo de los costos de extracción y consumo que muestra la factibilidad económica, y un análisis de las encuestas aplicadas a una muestra de conveniencia a los usuarios de la ciudad que revela actitudes, preferencias de uso y ahorro de agua en la ciudad. Finalmente, se integra un comparativo del marco jurídico vigente, que incluye iniciativas dentro del Programa de Desarrollo Municipal (PDM) para el aprovechamiento de la escorrentía del agua pluvial y la disminución del consumo. Todo ello involucra una propuesta que espera impactar la política pública cambiando el uso del agua potable por la de la lluvia para riego de áreas verdes en ciertos sectores.

1.4 Objetivos Específicos

Los objetivos específicos son los siguientes:

- Analizar la viabilidad ambiental mediante el análisis de la escorrentía media superficial de la ciudad y la identificación de puntos donde sea factible instalar infraestructura para su captura.
- Analizar la viabilidad económica mediante la estimación comparativa del costo de la captura y distribución del agua de escorrentía relativa al costo de extracción de acuíferos.
- Analizar la viabilidad social mediante la exploración de preferencias de la población usuaria de SAPAC² respecto a medidas de ahorro del agua. Buscando la sensibilización y consciencia de los usuarios respecto de la aceptación social en el uso de los escurrimientos pluviales para usos suntuarios (i.e. riego de jardines públicos y privados).

² Sistema de Agua Potable y Alcantarillado de la ciudad de Cuernavaca.

- Evaluar la viabilidad de incluir regulaciones relativas al uso de agua de origen pluvial para riego de áreas verdes mediante la comparación del reglamento municipal con otros marcos normativos

1.5 Hipótesis

El análisis de cuatro dimensiones (ambiental, económica, social y jurídica) permitirá identificar la viabilidad del aprovechamiento de la escorrentía en usos suntuarios dentro de la ciudad de Cuernavaca.

1.6 Justificación del Estudio

En Cuernavaca, la abundancia de agua forma parte de la identidad de la ciudad, pero al igual que en otras ciudades medias de México y del mundo, el consumo de agua ha venido aumentando debido al crecimiento de la población. A la vez, el agua es en muchos sentidos el elemento que proporciona y contribuye al crecimiento de la ciudad. Entre las principales consecuencias del crecimiento urbano se identifica el cambio de la cubierta vegetal por concreto, condición que impide la recarga de los acuíferos necesarios para el abastecimiento de la población. Las ciudades hoy en día podrían optar por un desarrollo urbano ambiental que provea de recursos a la población presente sin comprometer a las futuras generaciones. Para ello es importante buscar un aprovechamiento racional de los recursos, respetando su capacidad de recuperación.

Las estrategias alternativas y eficientes de aprovechamiento de corte urbano-ambiental no se han tomado en cuenta en las ciudades mexicanas, aun cuando estas resultan potencialmente relevantes para su funcionamiento. En tal circunstancia se encuentra el aprovechamiento del agua pluvial para la cual existen limitadas estrategias para operaciones de aprovechamiento, particularmente reflejadas en los instrumentos de planeación urbana. Por el contrario, el agua pluvial puede ser captada y posteriormente distribuida con base en una política que aborde una regulación en los usos de suelo en bajas y altas densidades. Es decir, se podría usar el agua de lluvia para riego de jardines en las zonas habitacionales de amplias áreas verdes, además de camellones y jardines públicos, en lugar del agua potable.

La utilización del agua de lluvia es trascendental debido a que cada año se evaporan alrededor de 505, 000 km³ de agua de los océanos, y después se depositan como precipitación 72, 000 km³ en tierras, (MSMA 2010). En el territorio mexicano se tienen altos contrastes respecto de la precipitación. Mientras que en el norte es muy escasa (por ejemplo en Baja California, solamente se precipitan 202 mm al año), en el centro-sur del país las lluvias son abundantes, en Tabasco se precipitan 1, 410 mm anuales. La ciudad de Cuernavaca, en el centro-sur de México, es privilegiada debido a que tiene una precipitación de más de 1, 000 mm anuales, (MSMA 2010) por lo que el aprovechamiento de los escurrimientos resulta muy pertinente.

Por otro lado, dentro de la Ley de Aguas Nacionales (LAN), en La Política Hídrica Nacional se aborda en el ARTÍCULO 14 BIS 5 de la LAN, y entre los principios que la sustentan, se incluyen:

“IX. La conservación, preservación, protección y restauración del agua en cantidad y calidad es asunto de seguridad nacional, por tanto, debe evitarse el aprovechamiento no sustentable y los efectos ecológicos adversos;”

“ X. La gestión integrada de los recursos hídricos por cuenca hidrológica, se sustenta en el uso múltiple y sustentable de las aguas y la interrelación que existe entre los recursos hídricos con el aire, el suelo, flora, fauna, otros recursos naturales, la biodiversidad y los ecosistemas que son vitales para el agua;“

“XII. El aprovechamiento del agua debe realizarse con eficiencia y debe promoverse su reúso y recirculación“

Por ello, dentro de la LAN se han hecho reformas, donde las necesidades de reservas territoriales para el desarrollo urbano consideren la disponibilidad de agua, pero no hay un órgano administrativo que se haga responsable. Ésta es una lógica importante que debe ser tomada en cuenta por los especialistas en el desarrollo urbano. Por otro lado también es importante la conservación del agua, generando medidas operativas que permitan reducir la demanda de agua en las densidades bajas (para usos de suelo residenciales) y al mismo tiempo permita la implementación de una infraestructura para captura y distribución de agua, que mejore la disponibilidad por habitante en las ciudades.

1.7 Capitulado de la Tesis

Con estas preocupaciones, el presente proyecto de investigación presentará una tesis que se propone analizar la viabilidad ambiental, económica social y jurídica del aprovechamiento de los escurrimientos pluviales en ocho capítulos, con los siguientes contenidos:

En el primer capítulo de la tesis se presenta la panorámica actual de la gestión del agua en las ciudades, con un énfasis en la disponibilidad en ciudades medias mexicanas. Estudios recientes demuestran una disminución de la disponibilidad en ciudades como Cuernavaca, lo cual lleva al planteamiento del problema y los objetivos trazados para el presente proyecto. En el Capítulo 2, se plantea el marco Teórico-Metodológico se propondrá una revisión teórico-conceptual, en términos de estrategias de *Planeación Urbano Ambiental para Ciudades Sustentables* que fundamentan el trabajo de investigación. Además se discute la importancia de las estrategias específicas de PUA. Particularmente la captura de la escorrentía y distribución del agua, entre otras, adaptadas al contexto particular de la ciudad de Cuernavaca. En el Capítulo 3 se presenta la estrategia metodológica, así como el marco contextual de este proyecto de investigación. Se asume que dicha aportación es útil para resolver interrogantes de prioridad nacional como la generación de estrategias de planeación urbana sensibles a los recursos disponibles, como es el caso de agua, además de que puedan incidir en la política pública en las decisiones que se tomen para la nueva agenda urbana. En el capítulo 4 se analiza la dimensión ambiental del proyecto de investigación, realizando el análisis de los escurrimientos pluviales de la ciudad de Cuernavaca. El capítulo 5 analiza la dimensión económica del aprovechamiento de los escurrimientos pluviales. En él se realiza el análisis de la comparación del costo de construir una infraestructura para aprovechar los escurrimientos, comparado con el gasto de la extracción de los pozos y el tratamiento de sus aguas residuales. En el capítulo 6 se presenta un aspecto de la dimensión social del presente estudio, para el cual se obtuvo la percepción de los usuarios de agua potable de la ciudad de Cuernavaca, al aplicar cuestionarios dentro del organismo operador de la ciudad. En el capítulo 7 se analizan; La Ley Estatal de Agua Potable (LEAP); al igual que la Ley de Aguas Nacionales (LAN); El Plan Municipal de Desarrollo de Cuernavaca (PMD); entre otros documentos para conocer los lineamientos *normativos* y ver las limitaciones en la dimensión jurídica para llevar a cabo el proyecto de investigación. Finalmente en el Capítulo 8 se hace una síntesis de las cuatro dimensiones, así como propuestas, observaciones y comentarios que permitan plantear las conclusiones del proyecto de investigación.

La *Planeación Urbano-Ambiental* (PUA) surge como una disciplina que aspira a consolidar la relación entre la planeación de una ciudad, sus procesos sociales y su medio ambiente. En este sentido, la variable ambiental es incorporada a la planeación o es mencionada en el contexto urbano dentro de un concepto más consolidado, como *Ciudad Sustentable* (CS) (Carrión, 1998: 21). Los estudios al respecto se enfocan en aspectos como la eficiencia energética, el costo del transporte, la reducción de emisiones derivada del consumo de la energía y la eficiencia en el uso de agua, entre otros. Por otro lado, se considera pertinente el aprovechamiento ambiental, siempre que sus usos estén eficazmente dirigidos (UN HABITAT 2009: 32-39, Rosales, et al, 2011: 180-196). Por tanto, la Ciudad Sustentable debe tener la cualidad de regular los efectos negativos en el ambiente derivados de la libre actuación del mercado en lo urbano. Dicho de otra manera, la Ciudad Sustentable se define como aquella que gestiona los patrones extensivos de consumo derivados de la relación hombre-naturaleza, ya que estos resultan de una escala e intensidad que no asegura la conservación ni la reproducción de los ecosistemas (Carrión, 1998: 28). La Ciudad Sustentable ha derivado conceptos como el de *Eco-Ciudades* para las cuales la gestión sustentable del agua es un punto central de interés y estrategia de planeación urbana. Las Eco-Ciudades se encuentran dentro de los paradigmas de la gestión del agua urbana, que ha surgido en los últimos tres lustros en laboratorios de diseño y planeación urbana en varios países alrededor del mundo (Novotny, et.al., 2010).

En este marco teórico-conceptual lleno de retos (ver tabla 2.1), surgió el concepto de *Nuevo Urbanismo* en la declaración del Congreso del Nuevo Urbanismo en Alexandria, Virginia en 1993. Éste toma como base el diseño ecológicamente responsable hacia el ámbito urbano. Considera la gestión y aprovechamiento integral de los recursos naturales para mejorar el medio ambiente y las ciudades, la calidad de vida de sus habitantes y para reducir el impacto ambiental. Sus retos son proveer una mejor calidad de vida para sus habitantes, disminuyendo la contaminación ambiental, y haciendo más cómodas y funcionales las ciudades. Para alcanzar estos objetivos, propone modificaciones, adecuaciones y reestructuraciones a la

normativa urbana junto con algunas políticas públicas que consideren las nuevas necesidades (Ibarra, 2012).

Tabla 2.1 Conceptos para comprender el aprovechamiento de agua.

Desarrollo Urbano Sustentable (DUS)				
El DUS es un espacio donde se promueven transformaciones a favor del ambiente: gestionando el entorno urbano, cuidando los recursos naturales, buscando beneficios y la satisfacción de los habitantes de comunidades urbanas.				
Teoría	Modelos	Aplicación	Conceptos	Unidades conceptuales
Planeación Urbano-Ambiental Consolidación de relación entre la planeación de una ciudad, sus procesos sociales y su medio ambiente.	Ciudad Sustentable Controla los patrones extensivos de consumo derivados de la relación hombre-naturaleza, ya que estos resultan de una escala e intensidad que no asegura la conservación ni la reproducción de los ecosistemas.	Eco-ciudades Se encuentra entre los paradigmas en la gestión del agua urbana, que ha surgido en los últimos tres lustros en laboratorios de diseño y planeación urbana en varios países alrededor del mundo.	Escorrentía (Run off) Retrofitting Drenaje sustentable	
Nuevo Urbanismo El rediseño del ambiente con diversas estrategias de desarrollo que generan un mejor entorno para la interacción de los seres humanos con la naturaleza para revitalizar el área urbana.	Diseño Urbano Sensible al Agua WSUD Se centra en la relación del desarrollo urbano y el ciclo urbano del agua, donde se reconocen los valores de la comunidad.		Ciudadanía Global Nueva Gobernabilidad del Agua Cultura del Agua Gobernanza Colaborativa	Participación Ciudadana

Fuente: Elaboración propia.

El Nuevo Urbanismo ha sido esencial para aplicar los nuevos modelos de sustentabilidad, cuya recomendación para los nuevos desarrollos es que estos sean dirigidos al interior de la ciudad, procurando mayores índices de densidad de población y una mezcla en los usos del suelo urbano (de lo cual se abundará más adelante). Por lo tanto es un *urbanismo sustentable* que

representa una oportunidad para rediseñar el ambiente con diversas estrategias de desarrollo que generan un mejor entorno para la interacción de los seres humanos con la naturaleza para revitalizar el área urbana. Su propuesta en fin constituye un amplio rango de patrones espaciales que no sólo resultan del buen diseño urbano, sino que se ajustan a la gestión del crecimiento (Ibarra, 2012).

Un concepto semejante al anterior y que es fundamental para el presente trabajo es el *Diseño Urbano Sensible al Agua* (WSUD por sus siglas en inglés), el cual parte de centrarse en la gestión local del agua para proporcionar alternativas incluyendo la participación comunitaria (Rodríguez, 2006). El diseño, debe tener un enfoque inclusivo y planificación espacial urbana y la gestión del agua, lo que ayudará al desarrollo sustentable en un clima cambiante. Por lo tanto el Diseño urbano sensible al Agua tendrá que ir más allá del Sistema Urbano de Drenaje Sostenible (SUDS) (Rodríguez, et al 2006) o del control de las aguas pluviales urbanas (Goonetilleke, 2014). Es decir que no sólo cumpla la función de evacuar el agua pluvial para posteriores conflictos de inundación sino que también debe integrarla nuevamente al ciclo hidrológico urbano, en donde el agua de lluvia en la ciudad (la *escorrentía urbana*) tendrá que entrar en el ciclo hidrológico de la ciudad.

Una Ciudad Sustentable se propone como objetivo general la reducción del uso de los recursos renovables y no renovables. En las aplicaciones relacionadas con este modelo, indicadores y variables como *escorrentía* y *retrofit* son esenciales para mejorar la calidad del agua en los arroyos cercanos, ríos o lagos. Ambos conceptos se han aplicado en casos en donde la lluvia que cae en ciudades con extensas superficies impermeables (tales como estacionamientos y techos) puede generar altos niveles de aguas de escorrentía durante las tormentas, y esto daña los cuerpos de agua cercanos. Estos problemas a menudo se pueden tratar mediante la gestión de las aguas pluviales, un proceso que los expertos identifican como re-equipamiento de las aguas pluviales a los acuíferos. Es decir que la gestión de aguas pluviales se logra tanto con diseños apropiados como con prácticas que incluyen jardines tropicales, pavimentación permeable y techos verdes (retrofit). O también con diseños originales, para la infiltración del agua de lluvia (escorrentía).

2.1 Metabolismo Urbano

El Metabolismo Urbano se define como el intercambio de materia y energía que se establece entre el asentamiento urbano y su entorno natural o su contexto geográfico. El metabolismo urbano determina el uso de materia prima, y el impacto que se tiene en la biósfera. Algunos de los indicadores relacionados con el metabolismo urbano son: la autogeneración energética de las viviendas; la autosuficiencia hídrica y el uso de materiales, reciclados y renovables. Dentro de los objetivos que se proponen en esquemas de metabolismo urbano están: reducir la dependencia energética de los edificios (energías no renovables); vincular el desarrollo urbano al ciclo del agua en su expresión local para alcanzar siempre que sea posible la autosuficiencia de la demanda urbana; y reutilización de materiales minimizando los residuos de la ciudad (Novotny, et.al., 2010).

2.1.2 El ciclo hidrológico urbano

El hombre influye de dos formas en el ciclo hidrológico urbano, tanto para la extracción del agua de los mantos acuíferos como alterando la cubierta vegetal y el cambio del suelo. La urbanización extensiva en consecuencia, llega a perderse un 90 % de la precipitación del agua de lluvia que va directamente hacia la red de alcantarillado. Por lo tanto desaparece rápidamente del entorno, por la ausencia de suficientes suelos permeables capaces de retenerla, por lo tanto presenta un ciclo abierto desequilibrado. La toma de conciencia acerca de la necesidad de ahorrar agua es una de las políticas que las entidades locales están desarrollando con mayor intensidad, durante los últimos años (Higueras, 2006).

2.2 Escorrentía

Se denomina escorrentía superficial al agua procedente de la lluvia que circula por la superficie y se concentra en los cauces. La escorrentía superficial está en función de las características topográficas, geológicas, climáticas y de vegetación de la cuenca y está íntimamente ligada a la relación entre aguas superficiales y aguas subterráneas de la cuenca. Cuando las gotas de lluvia caen al suelo, algunas (dependiendo de la cubierta vegetal) se infiltran y al alcanzar la saturación del nivel freático se convierten en *escorrentía*, definida como “el proceso de circulación superficial del agua” (López, 2013). El tipo de infiltración

más conocido es el tipo Horton en el cual, a medida que el agua circula, se infiltra, esto por lo regular en las cubiertas de área permeable.

Pero dentro de la urbanización aumenta la escorrentía superficial, al crear superficies más impermeables, como pavimento y edificios, que no permiten la infiltración del agua hasta el acuífero. En vez de infiltrarse al suelo, el agua es forzada directamente hacia corrientes o drenajes. El aumento de escorrentía reduce la recarga de agua subterránea. En un área libre sin urbanizar, el porcentaje de agua sin producir escorrentía, (la cual se vierte a los cauces naturales) es de 95%, es decir que sólo el 5% escurre. Por otro lado al haber una fragmentación territorial, el área que era natural, que se convierte en urbanizada y el escurrimiento cambia de tal manera que es del 95% y sólo el 5% es infiltrada al acuífero en la mayoría de los contextos urbanos, pero varía de contexto en contexto (Rodríguez, et al 2006). Por lo tanto se vuelve relevante el análisis de los usos de suelo dentro de la ciudad para ver el cambio de uso de suelo (de agrícola a urbano) y las densidades que ahora existen para ver cómo afecta en la disponibilidad de agua.

Para los fines de este trabajo de investigación, la *escorrentía urbana* se definirá como “el agua de lluvia que discurre por la superficie impermeable de las ciudades para después dirigirse al drenaje municipal” (Rodríguez, et al 2006). Dentro del *Diseño Urbano Sensible al Agua* la gestión respecto al tratamiento de la escorrentía debería dirigirse a la reutilización combinada con las diferentes fuentes de usos del agua y con ello reducir el consumo, el cual se centra en la relación del desarrollo urbano y el ciclo urbano del agua, donde se reconocen los valores de la comunidad para informar sobre las decisiones que se tomen respecto del diseño urbano y las prácticas de gestión del agua sean sustentables.

2.3 Nueva Gobernabilidad del Agua

Para que las prácticas de gestión y planeación sean sustentables en el contexto urbano se deben tomar en cuenta el concepto de procesos sociales como la *Nueva Gobernabilidad del Agua* (NGA). Se define como la renovación de la conciencia socio-ambiental, donde el gobierno esté comprometido con la conservación de agua, comprometidos con la participación, y el desarrollo de la sociedad, sin daño al ambiente. Otro concepto importante es la *Nueva Cultura del Agua* la cual es aquella capacidad de aprendizaje de la sociedad para

lograr la gobernabilidad del agua (Gleason, 2011). Esto recae plenamente en la sociedad, donde los actores principales son ciudadanos individuales, que se convierten en agentes de cambio, apoyados en sus relaciones interpersonales y organizacionales (Gleason, 2011) y hasta territoriales, dependiendo del uso de suelo de su actividad principal.

2.4 Usos del suelo

Los usos de suelo son los análisis descriptivos de la localización de actividades en un territorio ya sea en el ámbito urbano o regional (PDUCPMC 2003). La zonificación de los usos de suelo más comunes son: uso de suelo mixto, uso de suelo comercial, uso de suelo industrial y uso de suelo habitacional. Estos últimos se definen de acuerdo a casas/hectárea o habitantes/hectárea, y van de lo residencial a lo plurifamiliar. Los usos de suelo de densidad baja dependiendo de cada entorno son los que tienen menor densidad de casas o habitantes por hectárea, por lo regular es un porcentaje de 0 a 50 hab/ha (Ibidem). Estos predios en su mayoría se concentran en 1, 000 m² lo que les permite tener un mayor desplante de la casa habitación al igual amplia área verde (PDUCPMC 2003).

En el artículo 7 de la Ley Estatal de Agua Potable de Morelos, se definen los usos de suelo como:

“Doméstico-Habitacional.- Se considera de Uso Habitacional las Viviendas de Interés Social construidas por instituciones oficiales o particulares que se desarrollen en un terreno específico, desde seis viviendas en régimen de fraccionamiento o condominio, así mismo quedarán incluidas viviendas construidas por particulares, cuya superficie máxima de construcción sea de 175 m², y el ingreso familiar sea entre dos y cinco salarios mínimos mensuales (densidades altas)”.

“Doméstico-Residencial.- Se considera de Uso Residencial las Viviendas cuyos predios excedan de 350 m² de terreno, con más del 50% de la superficie construida con acabados de lujo, que cuenten con áreas verdes y en algunos casos alberca y cuyos ingresos familiares rebasen el equivalente a cinco salarios mínimos mensuales (densidades bajas)”.

“Comercial.- Se considera de Uso Comercial los Establecimientos con giro comercial”.

“Industrial.- Se considera de Uso Industrial el Establecimiento o Factoría, donde exista un proceso de transformación de las materias primas” (LEAP 2001).

Al asignar la proyección de los usos de suelo por parte de los planeadores urbanos, se crea una fragmentación territorial, es decir hay una sustitución de suelos agrícolas, forestales y de toda una serie de usos naturales, por lo que se expresa en la pérdida de la biodiversidad. La fragmentación territorial es ocasionada directamente por la expansión urbana reduciendo progresivamente las regiones naturales de bosque y selva, los cuales son la oferta constante de los servicios ambientales para la actividad humana, particularmente la captura e infiltración del agua.

2.5 Otras definiciones de Usos de agua

Para definir los *usos de agua*, seguiremos los siguientes conceptos, como los define la LAN en el capítulo único Artículo 3, dentro de las fracciones; LIV, LV, y LVI.

"Uso Ambiental" o "Uso para conservación ecológica": Es el caudal o volumen mínimo necesario en cuerpos receptores, incluyendo corrientes de diversa índole o embalses, o el caudal mínimo de descarga natural de un acuífero, que debe conservarse para proteger las condiciones ambientales y el equilibrio ecológico del sistema;

"Uso Consuntivo": El volumen de agua de una calidad determinada que se consume al llevar a cabo una actividad específica; el cual se determina como la diferencia del volumen de una calidad determinada que se extrae, menos el volumen de una calidad también determinada que se descarga.

"Uso Doméstico": La aplicación de agua nacional para el uso particular de las personas y del hogar, riego de sus jardines y de árboles de ornato, incluyendo el abrevadero de animales domésticos que no constituya una actividad lucrativa, en términos del Artículo 115 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (LAN 2008).

Usos suntuarios: usos destinados para otros fines y no para consumo humano.

Conclusiones

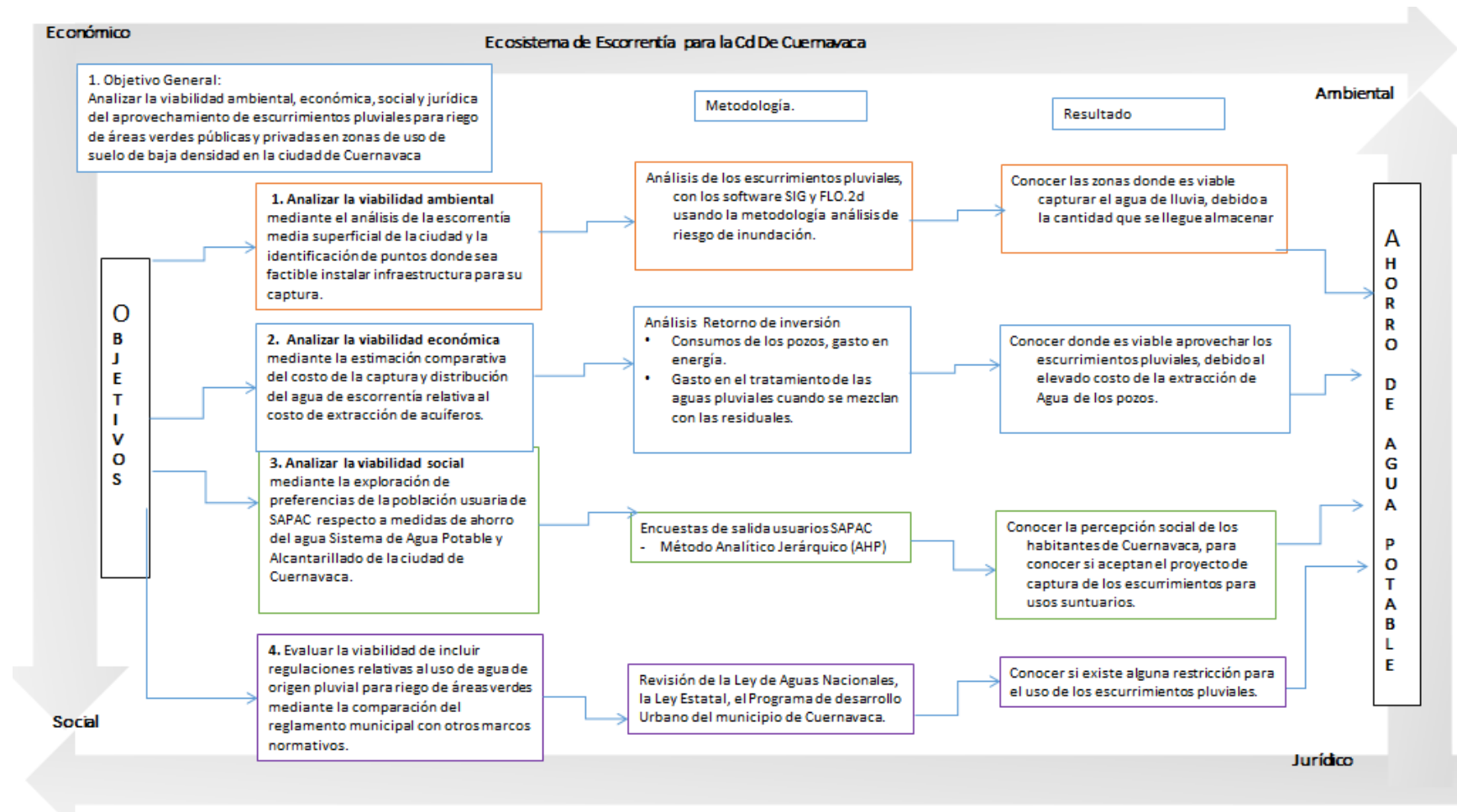
Los conceptos con los que se trabaja en este proyecto de investigación, tienen el objetivo de dar a conocer las afectaciones con las que cuenta una ciudad, al asignarse un uso de suelo, ya que cambian completamente su contexto, su ecosistema, su ciclo natural del agua. Por una parte el agua que anteriormente caía se infiltraba, pero con el cambio de la cubierta vegetal por asfalto, se convierte en escorrentía, la cual muchas veces provoca afectaciones, y/o genera costos extras para la municipalidad, la cual tiene que invertir para tratar los lodos que genera el escurrimiento de agua.

Por lo tanto en una ciudad sensible al agua o una *eco-ciudad* la escorrentía es aprovechada de tal manera que se reintegre al ciclo urbano, donde tengan las menores afectaciones para la ciudadanía, la cual está inserta dentro del *Nuevo Urbanismo*. Es decir es necesario considerar a los ciudadanos que viven dentro de la ciudad, tomando en cuenta sus opiniones, sobre lo que les afecta, lo que ellos piensan que sería mejor en su localidad, aplicando una gobernabilidad del agua.

Siguiendo esta línea conceptual, este trabajo de investigación se orientará por cuatro dimensiones de análisis: Ambiental, Económico, Social y Jurídico, que permitirán observar el uso y mejor aprovechamiento de los recursos hídricos, y en particular la escorrentía, en contextos de ciudades medias, como está expresado en el siguiente mapa conceptual (figura 2.1).

Al considerar en el análisis el impacto ambiental, económico, social y jurídico, serán relevantes en la medida que se pretenda realizar una aportación seria para resolver interrogantes de prioridad nacional como la generación de estrategias de planeación urbana sensibles a los recursos disponibles, como es el caso de agua, que puedan informar a la política pública en las decisiones que se tomen para la nueva agenda urbana.

Figura 2.1. Las Cuatro dimensiones del análisis de Viabilidad.



Fuente: Elaboración propia.

El aprovechamiento de la escorrentía pluvial no es una panacea, sino una estrategia útil que deberá combinarse con otras para conservar el vital recurso a futuras generaciones.

3.1 Introducción.

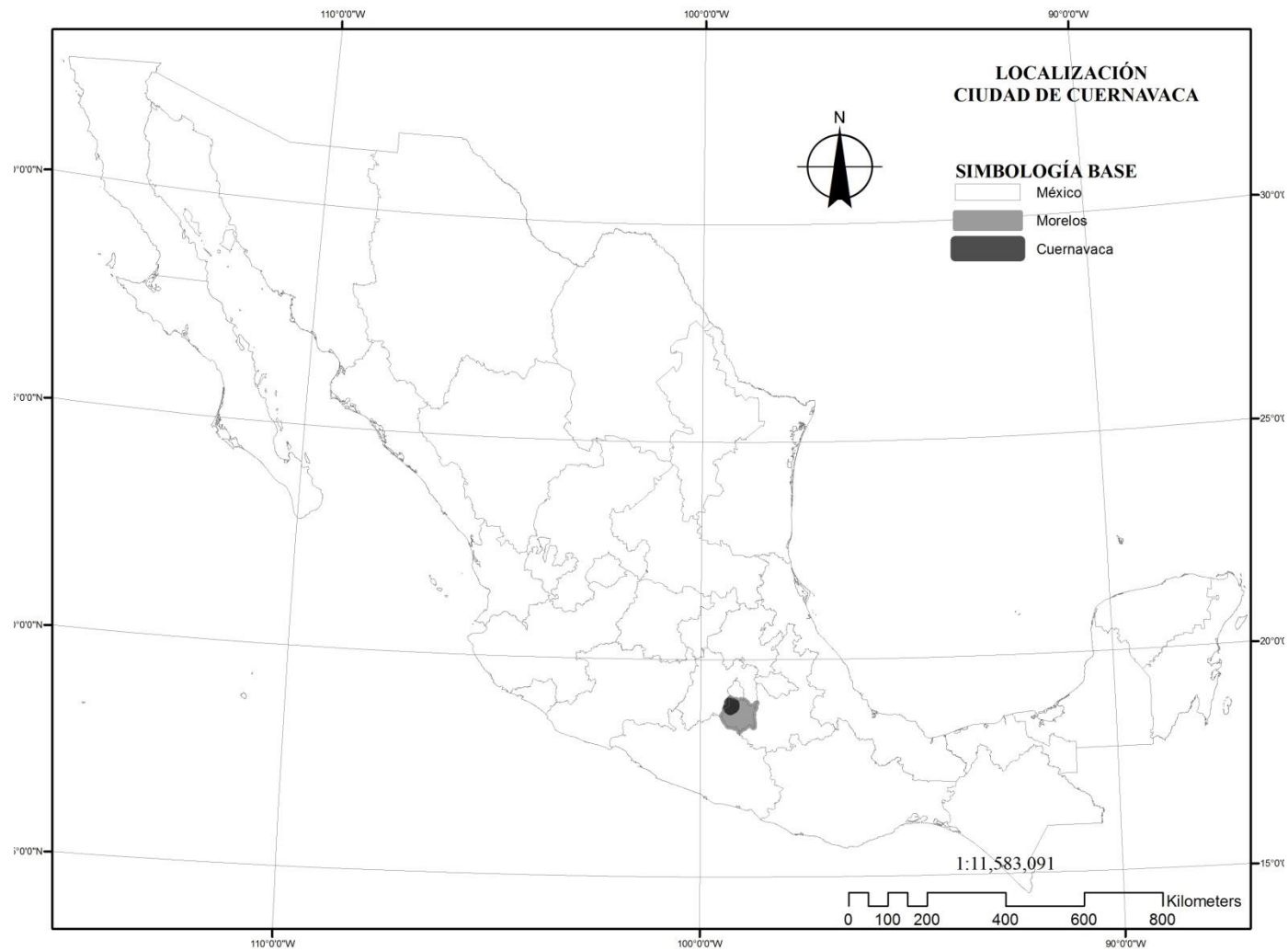
Entre los problemas asociados al estrés hídrico se encuentra la disponibilidad de agua en cantidad y calidad suficiente para desarrollar la vida y las actividades económicas de la población. El entorno urbano es uno de los sitios más vulnerables dada la concentración de población y los patrones de consumo. La planeación urbana registra avances marginales en el reconocimiento e integración de políticas públicas útiles para mantener una oferta del recurso relativamente estable, por lo tanto se considera necesario incorporar estrategias de Planeación Urbano-Ambiental para que la reestructuración de la ciudad mitigue la oferta reducida del agua para consumo interno.

3.2. Estrategia Metodológica

3.2.1 Marco Contextual

Cuernavaca (ver ilustración 1) es una ciudad media mexicana con uno de los mejores climas a nivel mundial. De clima tropical, a una altitud de 1,500 metros en promedio, su temperatura ambiente promediaba 21.5 °C y era constante prácticamente todo el año hasta mediados de los 1980's. Durante el verano, las lluvias solían caer por la noche, refrescando el calor del día y preparando el olor fresco de la tierra mojada de la mañana siguiente. El sol de Cuernavaca sigue siendo una de sus mayores riquezas, junto con los intensos colores de sus flores y los sabores de sus frutas, sus abundantes manantiales, cascadas y sus singulares paisajes llenos de profusos y variados micro-sistemas de impresionante vegetación. Fue Alexander Von Humboldt en el siglo XIX quien la nombró la ciudad de la *Eterna Primavera* caracterizándola como una ciudad de descanso. Durante todo el siglo XX, la ciudad se convirtió en una parada

Ilustración 1. Localización de Cuernavaca.



Fuente: Elaboración propia basada en CONABIO.

obligada como destino vacacional y como escala de camino a las playas y costas del colindante Guerrero para los viajeros de la Ciudad de México y otros lugares.

Sin embargo, el clima paradisíaco, históricamente característico de Cuernavaca ha ido cambiado dramáticamente. A partir del año de 1985, a consecuencia del devastador terremoto que sufrió la vecina Ciudad de México, se registró una migración masiva de capitalinos hacia Cuernavaca, la que complementada con la de serranos del Estado de Guerrero, ha generado un descontrolado crecimiento de asentamientos humanos, fraccionamientos y construcciones. Las escasas políticas medioambientales para regular todo ello ha llevado a la ciudad a un quiebre ecológico significativo. Por ejemplo, se observa una desatención absoluta a la conservación del ecosistema de las 7 barrancas que atraviesan la ciudad y que eran uno de los principales pulmones de la ciudad. Se ha permitido la descarga de basura y aguas negras en ellas, con importante impacto ecológico para toda la población.

Más aún, decisiones circunstanciales de corto plazo han ido modificando el clima de la ciudad. Por ejemplo, hace algunos años, el municipio prohibió que el servicio local de recolección de basura recibiera los *desechos verdes*, producidos por la poda y mantenimiento de los incontables jardines particulares que anteriormente se acostumbraban en la mayoría de las casas de la ciudad. Esto creó un problema de reciclaje de desechos, por lo que muchos vecinos optaron por reemplazar sus jardines por planchas de cemento. Si bien es cierto que todavía existen muchas áreas verdes, se ha venido observando un cambio en el microclima de la ciudad presentándose ahora características extremas: intensas lluvias y durante la estación seca (Abril-Junio) calores extremos de cuarenta grados similares a los de Aridoamérica (norte de México).

Ahora bien, la zona de interés del presente estudio se encuentra localizada en la Región Hidrológica Administrativa número IV y corresponde a la cuenca del Río Balsas que tiene una superficie de 123, 500 km², la cual representa el 6% del territorio mexicano, esta cuenca se localiza entre los paralelos 17°00' y 20°00' de latitud Norte y los meridianos 97°30' y 103°15' de longitud Oeste de Greenwich (ver anexo 4).

El volumen de precipitación anual en la cuenca del río Balsas alcanza los 108,370 Mm³, con una lluvia media anual de 927 mm, que oscila entre 873 mm en el Bajo Balsas y 1,019 mm en

el Medio Balsas. Existen dentro de la cuenca 17 centros urbanos con más de 50,000 hab. Los más importantes por su población son: Puebla, Pue., con 1,160,000 habitantes; Cuernavaca, Mor., con 365,168 hab.; Uruapan, Mich., con 220,000 hab., Cuautla, Mor. 130,000 hab.; Chilpancingo, Gro., con 125,000 hab. y Tlaxcala, Tlax., con 36,500 hab. En estas ciudades se concentra el 32% de la población de la cuenca (INE 2014).

De acuerdo con los datos del Censo General de Población y Vivienda 2010, el Municipio de Cuernavaca concentra al 20.54 por ciento del total de la población estatal, lo que explica en primer término su dinámica económica y social. Aunado a esto Cuernavaca desempeña un papel importante en el ámbito regional, no sólo dentro de la Zona Metropolitana a la que pertenece sino por su vecindad con la Zona Metropolitana de la Ciudad de México y la de Puebla, así como por los flujos migratorios provenientes de los estados de Puebla, Guerrero, Estado de México y del Distrito Federal. (PDM 2012).

Como Zona Metropolitana, para el 2010 Cuernavaca albergaba una población de 876,083 habitantes, que representaron el 49.29 por ciento de la población total de la Entidad (PDM 2012). De los 33 municipios del estado, los de mayor población eran Cuernavaca con 365,168 habitantes, Jiutepec 196, 953 habitantes y Cuautla con 175,207 habitantes (PDM 2012).

Para el municipio de Cuernavaca la relación hombres-mujeres es de 90 hombres por cada 100 mujeres; la edad mediana es de 29 años; la mitad de la población tiene 29 años o menos (PDM 2012). El total de viviendas particulares habitadas es de 102,961; el promedio de ocupantes por vivienda es de 3.6 personas; de cada 100 viviendas, 2 tienen piso de tierra. (PDM 2012).

3.2.2 Delimitación espacio-temporal del estudio

La delimitación espacio-temporal de este estudio es la ciudad de Cuernavaca en la década que va del año 2003 al año 2013. Diversos autores definen a la *Ciudad Media*, (Valicelli, 2002: 37-39) en términos de la cantidad de habitantes; por ejemplo en la Unión Europea se refiere a aquellas que contienen la entre 20 000 y 500 000 habitantes; el Banco Mundial refiere en el contexto Norteamericano entre 200 000 y 500 000 habitantes; Argentina entre 50 000 y 1 000 000 de habitantes (Valicelli, 2002: 37-39). Por tanto, esto es diferente respecto a cada región, pero en general una ciudad media es considerada de dicha jerarquía por el rol que juega en un

territorio y no por su cantidad de habitantes (Valicelli, 2002: 37-39). Al igual la ciudad media puede definirse por la influencia y las relaciones que genera hacia el exterior.

3.3 Sujetos de estudio, casos y/o unidades de análisis

Para los propósitos de este proyecto de investigación, se considera a Cuernavaca, la ciudad capital de Morelos (México) una ciudad media bajo las condiciones de la definición referida en párrafos anteriores.

Tabla 3.3 Dimensiones, Conceptos y Variables del Estudio

Conceptos	Variables	Medidas
Escorrentía media superficial La escorrentía de la superficie que se transforma en lluvia neta.	Se medirán las intercepciones, la evotranspiración, el almacenamiento en depresiones y la infiltración al acuífero, para saber cuál es el nivel de escorrentía para aprovechable.	Fracción de Lluvia Caída, Lluvia neta
Costo Económico	Extracción - Tratamiento de escurrimientos.	Consumo de uso de densidades bajas a través de la extracción del acuífero, con datos del organismo operador (SAPAC).
(Uso de suelo)	Industrial, Doméstico, Mixto, público.	Habitantes por hectárea (Hab/Ha)
Participación Social	Social, Ambiental, Económico.	Encuestas para la opiniones de algunas medidas de gestión para ahorro del agua.
Consideraciones Jurídicas	Evaluar la factibilidad de incluir regulaciones relativas al uso de agua pluvial.	LAN, LEAP, PDUC.

Fuente: Elaboración Propia

3.3.1 Fuentes de información

Las fuentes de información en este estudio se obtuvieron del Instituto Nacional de Estadística Geografía e informática (INEGI), consiguiendo las orto-fotos para apreciar el crecimiento de la ciudad del 2003 a la fecha así como la fragmentación territorial, es decir el cambio del suelo que antes era agroforestal u agrícola a suelo urbano, y si estos cambios fueron a usos de suelo de baja o alta densidad. Esta información se obtuvo del Programa de Desarrollo Urbano de Centro de Población (PDUCP) y se plasmó dentro de la información manejada en el Sistema de Información Geográfica (SIG). Por otro lado se requirió de la estación pluviométrica ESIME² ubicada dentro de la ciudad para poder realizar el análisis respecto a la cantidad de lluvia que se tiene y que nos permite conocer la escorrentía. Por último se solicitó al organismo operador Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Cuernavaca (SAPAC) los niveles de extracción de los pozos, así como el agua entregada por domicilio, para ubicar las colonias con mayores consumos de agua y ver de qué manera se pueden aprovechar los escurrimientos pluviales para usos suntuarios donde se consume más agua potable extraída del acuífero. Otra fuente de información clave fueron los usuarios de SAPAC a quienes se encuestó en su oportunidad.

3.4 Instrumentos o métodos de recolección y organización de la información.

La planeación urbano-ambiental está integrada por estrategias de control y administración urbanística que permiten, entre otras cosas, el manejo de recursos energéticos, agua y/o políticas de aprovechamiento espacial.

1) En la **dimensión Ambiental**, el interés central fue identificar las posibilidades de aprovechamiento de agua pluvial para usos suntuarios en las zonas de baja densidad habitacional de la ciudad. Para observar dichos fenómenos, se enfocó a ubicar los siguientes puntos:

² Es una Estación Sinóptica Meteorológica es un conjunto de dispositivos eléctricos que realizan mediciones de las variables meteorológicas de manera automática. Generan una base de datos y generan un mensaje sinóptico cada tres horas.

Los lugares idóneos en la ciudad en donde mejor se pudieran aprovechar los escurrimientos pluviales para usos suntuarios.

La ubicación de dichos puntos se daría bajo ciertas condiciones, en las que la oferta potencial de los escurrimientos pluviales estaría condicionada por factores como la precipitación, la escorrentía, la ubicación de los usos de suelo, y un conocimiento de los volúmenes de extracción de los pozos. Para el caso de Cuernavaca se planeó considerar lo siguiente:

- a) Precipitación
- b) Escorrentía superficial
- c) Usos de suelo por densidad
- d) Extracción

a) Se realizó la evaluación de los escurrimientos a través de los datos de las Curvas Intensidad Duración Frecuencia (IDF³) las cuales utilizan información disponible de la República Mexicana sobre las *isoyetas* de intensidades y la lluvia máxima diaria anual. Para calcular la cantidad de agua que es posible aprovechar a través de las avenidas de la ciudad se conoció a través de los datos de las isoyetas obtenidas de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, con una lluvia de dos horas y un periodo de retorno de 10 años (Ver anexos 5 y 6 y 7) (Albornoz, et al 2012). Asimismo se realizó el análisis del área donde se puede infiltrar o se convertirá en escurrimiento considerando cambios de cubierta vegetal por concreto. Adicionalmente, al observar el área verde, se señalan los lugares donde existe la evotranspiración de las plantas. Este análisis se hace para conocer exactamente la lluvia neta que podría aprovecharse a través de los escurrimientos en los usos suntuarios.

b) La escorrentía media superficial⁴ (PHR 2012:136) se simuló con el software Flo-2D, el cual estima la fracción de lluvia caída que se transforma en escorrentía de superficie (lluvia neta), esto con base en cuatro mecanismos de pérdidas: Intercepción, evapotranspiración, almacenamiento en depresiones e infiltración. Este modelo dinámico de simulación de precipitaciones posee la capacidad de calcular el impacto de la escorrentía y de evaluar la

³ Representan las características relevantes de las tormentas que ocurren en la zona.

⁴ Parte de la precipitación media histórica que se presenta en forma de flujo en un curso de agua.

eficacia de las estrategias de mitigación propuestas para garantizar la conservación de las fuentes de agua. El análisis de esta simulación permitió conocer las zonas de mayores escurrimientos y cantidad del agua pluvial dentro de la ciudad para proponer un área de almacenamiento y posteriormente de distribución del agua pluvial obtenida.

Por otro lado, de manera preliminar se realizó el análisis de obtención de datos de las curvas de nivel con la ayuda del Programa *ArcMap* (SIG), para conocer las diferentes pendientes de la ciudad. Paralelamente se generó una Red de Triángulos Irregulares (TIN⁵), el cual se utilizó para analizar los modelos de la superficie; es decir, se generó un modelo digital de elevación, que es la representación visual y matemática de los valores de la altura con respecto al nivel medio del mar, que permite caracterizar las formas del relieve y los elementos u objetos presentes, que en este caso se trató del alzado de los lotes, manzanas etc. para observar las avenidas de la ciudad. Con ello se muestra la pendiente de la ciudad, lo que permite realizar el análisis de la escorrentía con los programas antes mencionados.

2) En la **dimensión Económica**, para generar el estudio de viabilidad se procedió de la siguiente manera:

a) El análisis de los usos de suelo de la ciudad permitió identificar las zonas de alta y baja densidad poblacional (ver anexo 8). El análisis de los escurrimientos permitió identificar las zonas donde se escurren las mayores cantidades de agua pluvial en m³. Por otro lado se conoció dónde se encuentran ubicados los usos residenciales por medio del Programa de Desarrollo Urbano. Con dicha información es posible determinar la viabilidad de aprovechar el agua para usos suntuarios, es decir, en los jardines, áreas verdes y otros usos recreativos de las zonas de baja densidad poblacional, por lo cual es importante conocer los usos de suelo de la ciudad otorgados por los planeadores urbanos.

b) Para estimar la *extracción del acuífero*, con los datos proporcionados por SAPAC se planeó el mapeo con el programa SIG donde se ubicó el lugar con la cantidad de extracción y profundidad de los pozos y lo entregado por colonia. Esto permitió conocer que densidades de uso de suelo son las que cuentan con el mayor consumo de agua potable por persona. Para aquellos usos de suelo que tenían un mayor consumo, con el análisis antes realizado de

⁵ Por sus siglas en inglés

escorrentía se observan las zonas potenciales para el aprovechamiento del agua pluvial para usos consuntivos. Se procedió entonces a realizar la comparación de los costos del aprovechamiento de los escurrimientos comparado con el gasto de la extracción de pozos, así como el tratamiento de agua tratada en época de lluvias, cuando aumentan los volúmenes a tratar por la incorporación de los escurrimientos al drenaje.

3) En la **dimensión Social**, para generar el estudio de viabilidad se obtuvo:

a) A través de un instrumento similar a una encuesta de salida a usuarios de SAPAC, se estudian las actitudes de los usuarios respecto al ahorro y uso del agua disponible. Se aplicaron 101 cuestionarios de salida dentro de las instalaciones de SAPAC en días sucesivos.

b) El análisis de la viabilidad social buscó asimismo consolidar el concepto de *Capacidad de Ciudadanía del Agua*. Esta se realizó por medio de la técnica de planificación del Método Analítico Jerárquico AHP (*Analytical Hierarchical Process*, por sus siglas en inglés). Se eligió el AHP ya que se ha venido consolidando como una herramienta poderosa para la toma de decisiones colectivas, en particular en las relacionadas con el medio ambiente, en donde es necesario llegar a un consenso que trascienda intereses individuales o de grupos de interés. En esta metodología, que consiste en prospectar la toma de decisiones, se le solicita al encuestado escoger entre dos alternativas, la que sea más importante para él dándole un mayor peso que la otra. Este método permitió conocer la percepción de varios grupos sociales respecto al aprovechamiento del agua de lluvia, en el contexto de la ciudad de Cuernavaca. La aplicación de la herramienta AHP se realizó paralelamente a la encuesta dentro de SAPAC, aprovechando la participación voluntaria de los mismos usuarios que respondieron a la encuesta. Si bien ésta no era una situación ideal para la aplicación de la herramienta AHP, esto permitió acercarnos más a la participación de usuarios respecto al tema estudiado, y conocer su opinión al respecto, así como sus propuestas alternativas, para mejorar la capacidad de gobernabilidad y cultura del agua que se tiene actualmente en la ciudad. Sin duda, la aplicación de la herramienta AHP permite el acercamiento a los procesos de consulta a usuarios que genuinamente fomentan una amplia participación y la posible inclusión de los usuarios en el grupo de los tomadores de decisiones en procesos de planeación urbano-ambiental sustentable. La herramienta AHP ayudará en lo futuro a observar si se está construyendo o no, una capacidad de Ciudadanía del Agua en la ciudad de Cuernavaca.

3.4.1 Nota Metodológica sobre AHP

El Método Analítico Jerárquico es un método multi-criterio de toma de decisiones creado por Thomas L. Saaty (matemático estadounidense) en 1980 en la Universidad de Pittsburgh. Saaty considera que para la solución de un problema el decisor transita por tres etapas: a) inicia con la formulación del problema, luego b) realiza una evaluación y finalmente c) selecciona el mejor curso de acción que más contribuya al logro del objetivo. Este Método puede ser realizado en grupo, o de forma individual aplicándose preferentemente a problemas complejos (Sánchez, 2003).

Las ventajas del AHP como metodología es que es una herramienta de apoyo a la toma de decisiones que permite: a) Definir el problema que se desea resolver, b) Identificar los criterios discriminantes en la toma de decisiones, c) Estructurar los criterios y sub-criterios en una jerarquía d) Determinar la importancia de cada criterio en términos de ponderadores y el sintetizar toda esta información para tomar la mejor decisión. Se llega a un resultado en consenso.

3.4.2 Primera etapa AHP

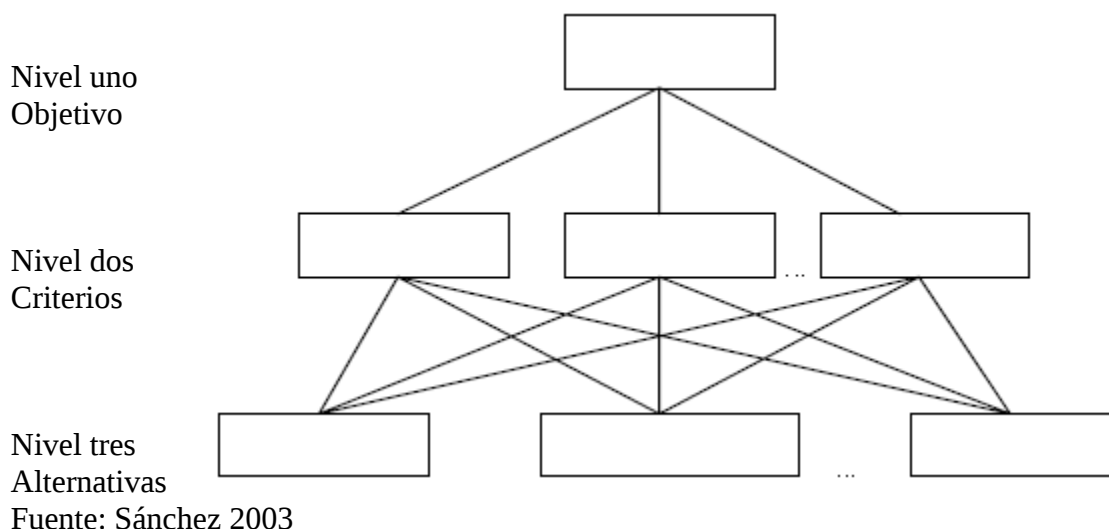
El Método organiza problemas complejos utilizando, un esquema jerárquico de tres niveles básicos (ver figura 2.4).

- Meta final (objetivo)
- Criterios de decisión
- Alternativas de actuación

El AHP usa modelos de decisión jerárquicos y tiene una base matemática sólida. La jerarquía se define como: una estructura de dominación estratificada para representar la extensión de la influencia. La jerarquía implica una clasificación ordinal donde los niveles subordinados entre sí, mediante alguna base definida (ver figura 3.4). Esta se construye de modo que los elementos de un mismo nivel sean del mismo orden de magnitud y puedan relacionarse con algunos o todos los elementos del siguiente nivel. En una jerarquía típica el nivel más alto localiza el problema de decisión (objetivo) (Martínez, 2007).

Los elementos que afectan a la decisión son representados en los inmediatos niveles, de forma que los criterios ocupan los niveles intermedios, y el nivel más bajo comprende a las opciones de decisión o alternativas. Este tipo de jerarquía ilustra de un modo claro y simple todos los factores afectados por la decisión y sus relaciones.

Figura 3.4 Esquema jerárquico de tres niveles básicos



3.4.3 Segunda etapa AHP

Una vez establecido lo anterior, se trata de obtener, dentro de cada nivel jerárquico, la importancia relativa o ponderación de cada elemento respecto al conjunto. Para ello, en lugar de pretender conseguir una comparación simultánea de todos los factores participantes en cada nivel, se interroga a los encuestados sobre la comparación de elementos por pares, expresando así el agente decisor la importancia relativa de cada elemento respecto a cada uno de los demás, dos a dos. Es decir el decisor tiene que emitir juicios de valor sobre la importancia relativa del criterio y de las alternativas, de modo que queden reflejado en términos de: importancia, preferencial o probabilidad, entre un elemento y otro. (Martínez, 2007).

El AHP permite realizar las comparaciones binarias basándose tanto en factores cuantitativos (aspectos tangibles) como cualitativos (aspectos no tangibles), ya que presenta su propia escala de medida: la escala 1-9 propuesta por Saaty (ver tabla 3.4 y figura 3.4.1). La escala

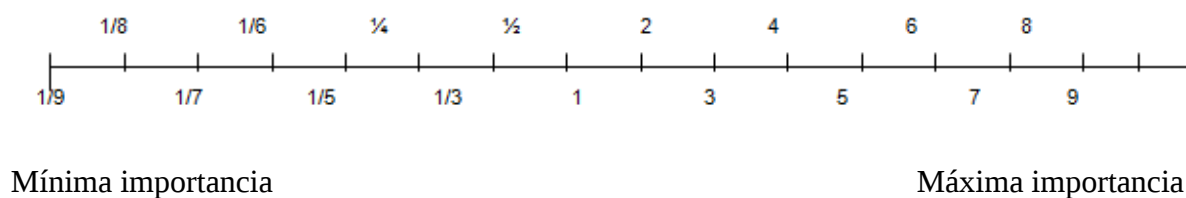
con 9 elementos es razonable y refleja los distintos niveles a los cuales las personas pueden discriminar la intensidad de la relación entre los elementos. Es así que ésta escala permite al decisor incorporar su subjetividad y su conocimiento natural. La escala está justificada teóricamente y su vialidad ha sido validada empíricamente, tanto en situaciones reales o aspectos tangibles (Arapé, 2000).

Tabla 3.4 Escala de importancia relativa

Intensidad de la importancia	Definición	Explicación
1	Igual Importancia	Dos actividades que contribuyen igualmente al objetivo
3	Importancia moderada	La experiencia y el juicio están moderadamente a favor de una actividad sobre la otra.
5	Importancia fuerte	La experiencia y el juicio están fuertemente a favor de una actividad sobre la otra.
7	Importancia muy fuerte	Una actividad está muy fuertemente favorecida y su dominio ha sido demostrado en la práctica
9	Importancia extrema	Es máxima la importancia de una actividad sobre la otra
2,4,6,8	Valores intermedios entre los dos juicios contiguos	Cuando un término medio es necesario

Fuente: Elaboración propia basada en Sánchez 2003

Figura 3.4.1 Escala basada en la comparación de pares



Fuente: Elaboración propia basado en Arapé, 2000

El objetivo de esta etapa es calcular la prioridad de cada elemento, tal como la define Saaty “Las prioridades son rangos numéricos medidos en una escala de razón” (Martínez, 2000: 529). Una escala de razón es un conjunto de números positivos cuyas relaciones se mantienen igual si se multiplican todos los números por un número arbitrario positivo. El objetivo de la evaluación es emitir juicios concernientes a la importancia relativa que brindan los usuarios a la jerarquía para crear escalas de prioridad (Martínez, 2000:529). El resultado de estas comparaciones es una matriz denominada “Matriz de comparaciones pareada”, de forma que cada uno de sus componentes reflejen la intensidad de preferencia de un elemento frente a otro respecto del objetivo considerado. Finalmente, se realizó una serie de entrevistas a personas que cuentan con alberca, y/o amplios jardines en sus casas, para conocer su percepción sobre la captura y aprovechamiento de los escurrimientos pluviales en los usos suntuarios dentro de su propiedad. Estas entrevistas permitieron conocer los puntos de vista de habitantes de usos de suelo de baja densidad, ayudando a trazar las percepciones de los actores a los cuales también se pretende dotar de agua para usos suntuarios en el estudio.

4) En la **dimensión Jurídica**, para generar el estudio de factibilidad se desarrolló lo siguiente:

En el marco de la PUA analizar las estrategias de políticas públicas en el PDUCP, LEAP, LAN además de comparar las estrategias del Distrito Federal con la del municipio de Cuernavaca. Estas estrategias serían tanto la captación de la escorrentía del agua de lluvia en lo general (calles, avenidas en la ciudad) al igual que la dosificación del consumo donde más gastan el agua en usos suntuarios.

Con estas cuatro dimensiones, se integró una propuesta metodológica que informe a las políticas públicas como el programa de desarrollo urbano de centro de población (PDUCP). Si desde la política se logra proponer el uso del agua de lluvia (escorrentía) para uso suntuario, se lograría a mediano plazo que los habitantes de densidades bajas en conjunto con la administración municipal, capturen el agua de lluvia para tales fines. Igualmente, a mayor plazo se podrían proponer regulaciones que ya existen en ciudades como el Distrito Federal, que aparte de dejar área permeable dentro de los predios (lo cual se tiene contemplado en el reglamento de construcción de la ciudad de Cuernavaca) también tengan obligación de capturar el agua pluvial y usarla dentro de su predio.

3.5 Trabajo de campo

El trabajo de campo realizado durante la estancia de movilidad se utilizó para obtener los datos de los escurrimientos pluviales en la ciudad de Cuernavaca. También se obtuvo de la consulta a los usuarios de SAPAC, la opinión respecto al ahorro del agua en sus colonias. Ambos hallazgos permiten obtener la viabilidad ambiental y social de la propuesta de captura de escurrimientos. Por otro lado la viabilidad económica se obtuvo por medio del análisis de datos secundarios comparando infraestructura de captura de agua, con el costo de la extracción de agua de los pozos y el tratamiento del agua pluvial que se junta con las aguas residuales de la ciudad. Estos datos fueron obtenidos del organismo operador SAPAC. La viabilidad jurídica se revisó en base a los reglamentos desde lo federal, estatal, y municipal, comparando algunos municipios con normativas para la captura del agua, como el caso del Distrito Federal.

El análisis de los escurrimientos pluviales se realizó en base al análisis de las micro cuencas urbanas, donde se estudia el comportamiento de los escurrimientos pluviales dentro de la ciudad y con los datos obtenidos se dibujan los mapas, (con este mismo análisis, el departamento de hidráulica urbana del IMTA⁶ realizan los mapas de peligro de inundaciones en las ciudades mexicanas, donde se propone los colectores pluviales para el control de la inundación). En el análisis se propone, más que por el riesgo de inundación, el aprovechamiento de los escurrimientos para los usos suntuarios y beneficiar la disponibilidad per cápita de los habitantes de la ciudad de Cuernavaca. Esto es en base a que el agua se aprovecharía de inmediato, evitando así la extracción de los pozos ocasionando reducciones en el manto freático así como un gasto en energía y afectación al ambiente debido a los gases de efecto invernadero.

3.5.1 Datos y Fuentes de Información Obtenidos

Durante el tiempo de residencia en la ciudad de Cuernavaca se recabó un significativo número de datos (ver Tabla 3.5), lo cual se comenta en los siguientes párrafos.

⁶ Instituto Mexicano de Tecnología de Agua

Tabla 3.5 Lista de datos obtenidos en trabajo de campo

Información recabada en SAPAC	Archivo
Ubicación de Pozos, Manantiales, Norias de la ciudad de Cuernavaca	Shape
Costo de extracción en m³ de agua por pozo, manantial (directa sin subsidio y sólo un mes)	Excel
Área de influencia de los Pozos	Dwg
Consumo de electricidad por Pozo	Excel
Últimos consumos de agua por toma (dirección, cuentan con alberca, qué tipo son; industrial, comercial, habitacional. No todas vienen completas)	Blog de notas- Excel
Agua concesionada de CONAGUA y utilizada por el SAPAC	Apunte
Ubicación de inundaciones, estudio de SAPAC	Dwg
Costos de operación de las plantas tratadoras.	Copia
La capacidad de operación de agua tratada, de los meses del 2013	Copia
Área de influencia de las plantas tratadoras y red de Agua Potable.	Dwg
101 Encuestas aplicadas a los usuarios de SAPAC (sobre medidas de gestión para el ahorro de agua)	Copia-Excel
Información recabada en CONAGUA	
Acuíferos de Morelos	Shapes
Disponibilidad de acuíferos del último año	Word

Datos meteorológicos del 2003 al 2013 (para análisis de los escurrimientos pluviales).	Excel
<i>Información recabada en INEGI</i>	
Ortofotos del año 2003 y 2008	Shape
Curvas de nivel	Shape
<i>Simulación IMTA</i>	
Realización de los escurrimientos pluviales en la ciudad de Cuernavaca, con los software ArgMap y Flo-2D.	ArgMap y Flo-2D.

Fuente: Elaboración Propia

3.6 Escorrentía y Disponibilidad: Cuatro dimensiones de Viabilidad

Este proyecto de investigación se benefició doblemente con la estancia de movilidad en el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA) entre Septiembre y Diciembre del 2013. Por un lado se realizó el análisis de los escurrimientos pluviales con los ingenieros especialistas en el tema, y por otro se tomó la clase de Métodos y Técnicas de Planificación Hídrica en la cual se pudo obtener la AHP que es uno de los métodos de planificación hídrica para realizar los programas hídricos a nivel nacional.

El AHP, fue considerado en el análisis social de la tesis, al igual que el análisis de escurrimientos, son aportes pragmáticos importantes dentro de este estudio, ya que actualmente se elaboran estudios en las ciudades mexicanas en base tanto de los escurrimientos, como en la metodología de la planificación.

Conclusiones.

Por lo tanto, los resultados que se obtuvieron de los métodos análisis de escorrentía y AHP) para el análisis de los datos, son metodologías que están consolidadas cada una por los especialistas en hidráulica y planificación.

Por un lado, la metodología usada para obtener la percepción social de los habitantes de Cuernavaca respecto a su cultura del agua fue a través de la AHP, una metodología que se ha usado en la planificación hídrica, debido a que es un método multicriterio, se ha usado incluso en Europa, por parte de la Directiva Marco de Agua, la cual establece un marco de actuación comunitario en el ámbito de políticas de aguas. Nació con la vocación de garantizar la protección de aguas y promover su uso sostenible que garantice la disponibilidad del recurso a largo plazo. Por lo cual, es una técnica donde se aprovecha la opinión de la gente para saber qué es lo que considera más importante que se tiene que hacer, para el ahorro del agua en su colonia.

En este capítulo se presentan los hallazgos obtenidos durante el proceso de investigación de la tesis. Se abordan los resultados observados del análisis ambiental, donde se analiza a través de la traza urbana de la ciudad y la topografía los escurrimientos.

4.1 Viabilidad Ambiental

El método para el análisis de escurrimientos se basó en el trabajo de movilidad realizado en el IMTA, el cual presenta estudios de riesgo de inundaciones, donde identifican las zonas susceptibles a inundaciones en las ciudades (Rodríguez, 2014). A continuación se presenta el proceso para obtención del Modelo Digital de Elevación⁷: Lo primero a obtener son las curvas de nivel escala 1:50, 000 de las zonas de Cuernavaca, las cuales se solicitaron en el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). Las curvas de nivel sirvieron para conocer las diferentes alturas con las que cuenta la ciudad, con el software Sistema de Información Geográfica (SIG⁸) se traslapó con un shapefile⁹ de los polígonos de las manzanas de la ciudad de Cuernavaca. Esto permitió obtener las alturas de cada polígono de manzanas, para posteriormente realizar el TIN (Triangulated Irregular Network), paso previo a la realización del *raster*¹⁰, tal resultado es: el Modelo Digital de Elevación (MDE).

⁷ Un modelo digital de elevación es una representación visual y matemática de los valores de altura con respecto al nivel medio del mar, que permite caracterizar las formas del relieve y los elementos u objetos presentes en el mismo (INEGI 2013)

⁸ Es una integración organizada de *hardware*, *software* y *datos geográficos* diseñada para capturar, almacenar, manipular, analizar y desplegar en todas sus formas la información geográficamente referenciada con el fin de resolver problemas complejos de planificación y de gestión (Laboratorio Unidad Pacífico Sur CIESAS).

⁹ El Shapefile es un formato de representación vectorial desarrollado por ESRI (*Environmental Systems Research Institute*). Consta de un número variable de archivos, en los que se almacena digitalmente la localización de los elementos geográficos (archivo shape *.shp) junto con sus atributos o características (tabla dBase *.dbf), (UAN 2013).

¹⁰ Es un método para el almacenamiento, el procesamiento y la visualización de datos geográficos. Cada superficie a representar se divide en filas y columnas, formando una malla o rejilla regular. Cada celda ha de ser rectangular, aunque no necesariamente cuadrada. Cada celda de la rejilla guarda tanto las coordenadas de la localización como el valor temático. La localización de cada celda es implícita, dependiendo directamente del orden que

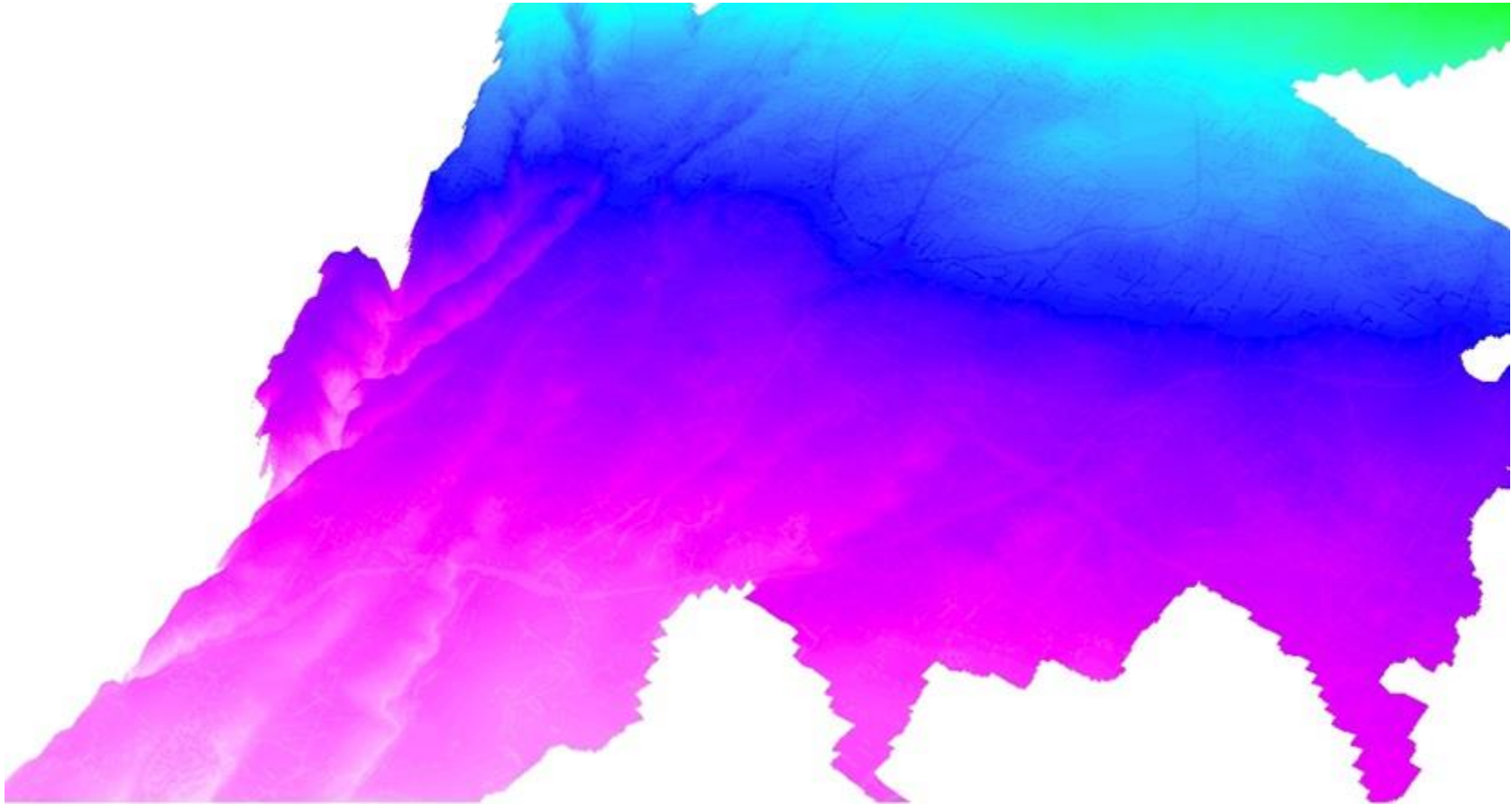
4.2 Identificación del escurrimiento pluvial con líneas de corriente y microcuencas generadas.

El MDE (ver ilustración 2) permitió realizar el siguiente paso de generación de micro-cuencas y las líneas de corriente (Albornoz P. Rodríguez M. Alcocer Y., Alonso A. Vidal H 2013), las cuales se obtuvieron con ayuda del SIG de la siguiente manera:

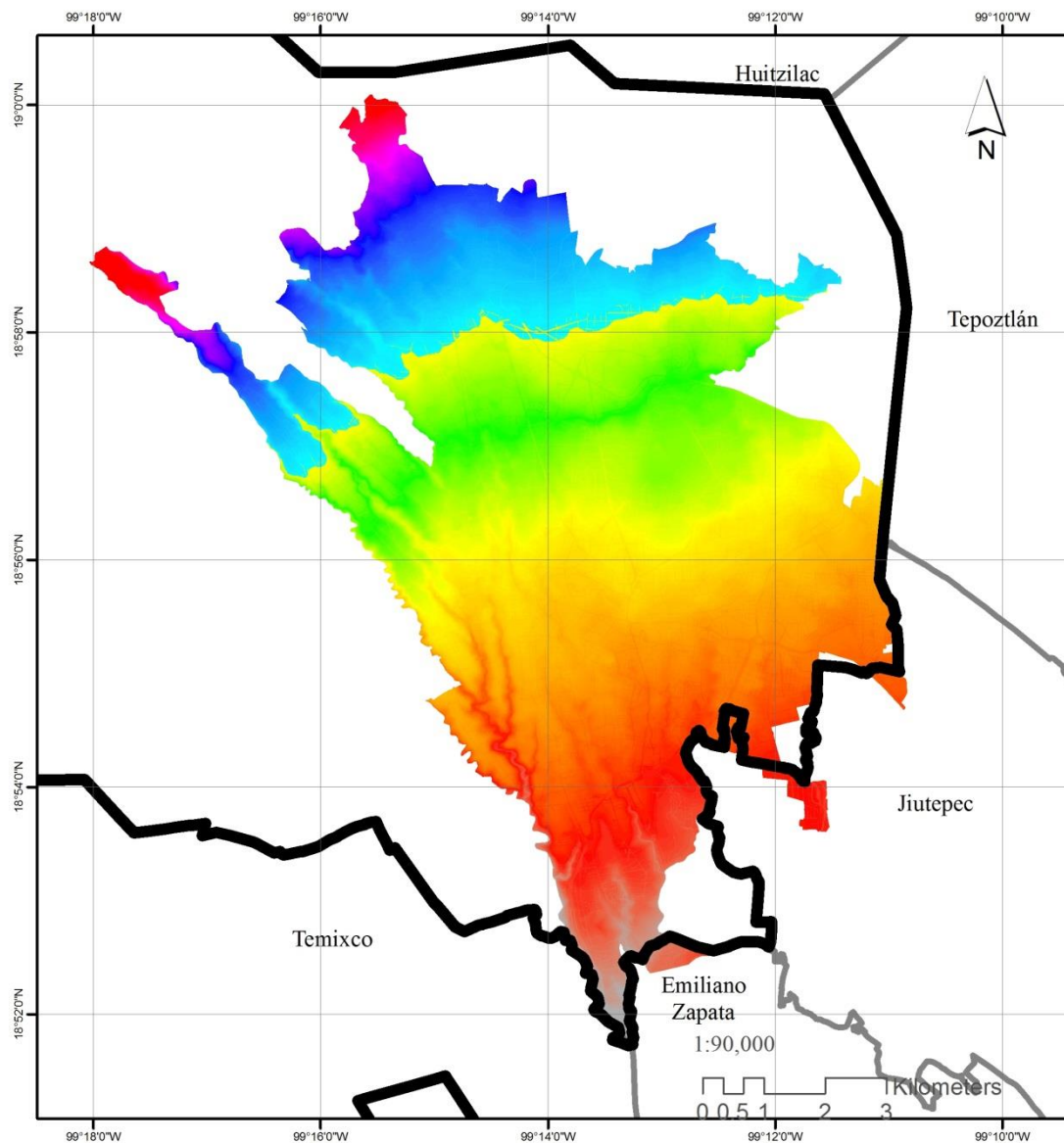
- 1) El primer paso fue *rellenar los hundimientos* del MDE dándole un valor de profundidad, en este caso fue de 10 metros. Esto permite rellenar las imperfecciones en el MDE con el objetivo de poder determinar de forma adecuada la dirección de flujo, (ver Mapa 1).
- 2) El siguiente paso, es la determinación de la *dirección de flujo*, buscando el camino descendente de una celda a otra, (ver Mapa 2).
- 3) Posteriormente, se generó la *acumulación de flujo*, la cual sirve para crear un raster del flujo acumulado en cada celda, es decir, se determina el número de celdas aguas arriba que vierte en las celdas aguas abajo, (ver Mapa 3).
- 4) *Para la definición de corriente*, se definió el tamaño de la cuenca en km² se calculó el raster de corriente, a partir de la acumulación de flujo y el número de celdas deseadas (ver Mapa 4).
- 5) *La segmentación de corriente* es el paso que divide los drenajes creados en segmentos continuos, a partir de los raster de corrientes y de la dirección de flujo, (ver Mapa 5).
- 6) El siguiente paso fue generar el *raster de cuenca*, el cual sirvió para delimitar las microcuencas de la ciudad de Cuernavaca, (ver Mapa 6).

ocupa en la rejilla, a diferencia de la estructura vectorial en la que se almacena de forma explícita la topología, (UAH, 2013).

Ilustración 2. Modelo Digital de Elevación.



Fuente: Elaboración propia basado en INEGI 2013 [Metadatos y mapoteca digital].



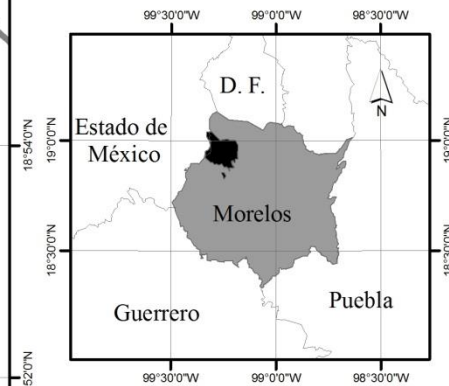
MAPA 1
RELLENO DE HUNDIMIENTOS

SIMBOLOGÍA BASE

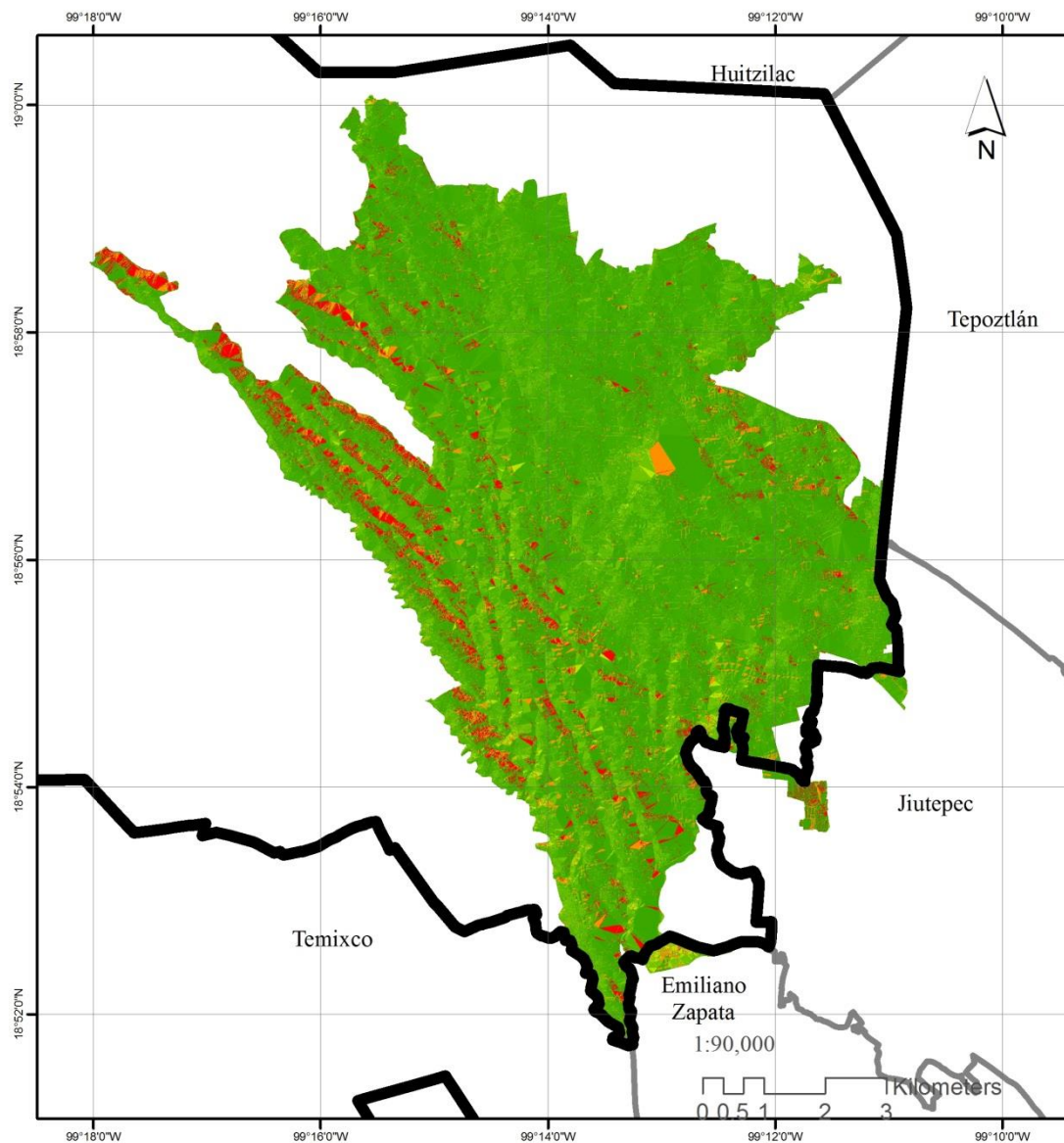
- Límite Municipal Cuernavaca
- Límite Municipal Morelos

SIMBOLOGÍA TEMÁTICA

- Valor**
- High : 2457.63
 - Low : 1260.86



Fuente: Elaboración propia basada en INEGI 2013 [Metadatos y mapoteca digital].

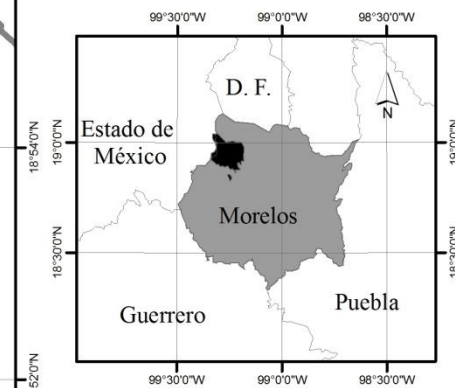
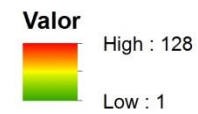


MAPA 2
DIRECCIÓN DE FLUJO

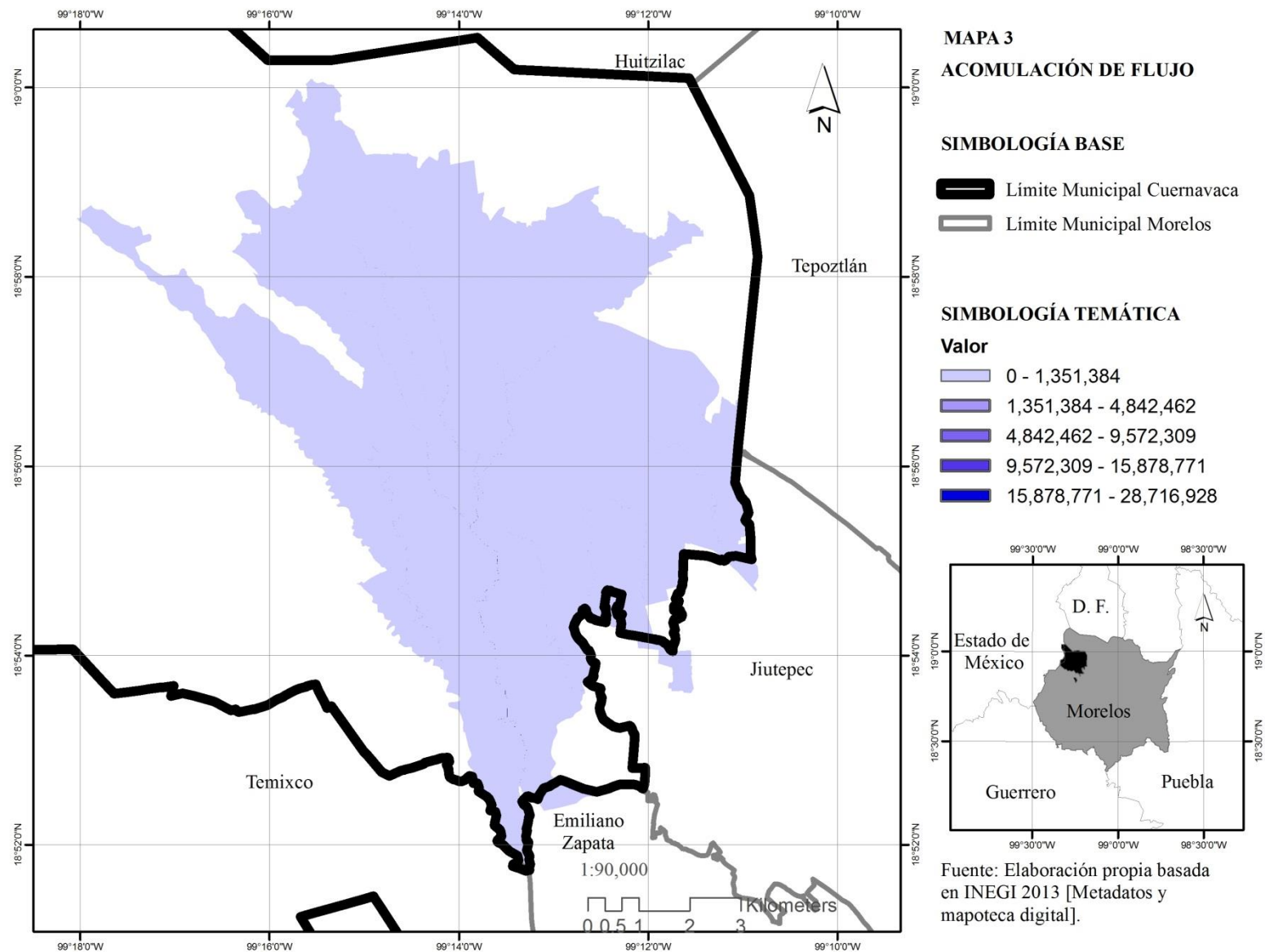
SIMBOLOGÍA BASE

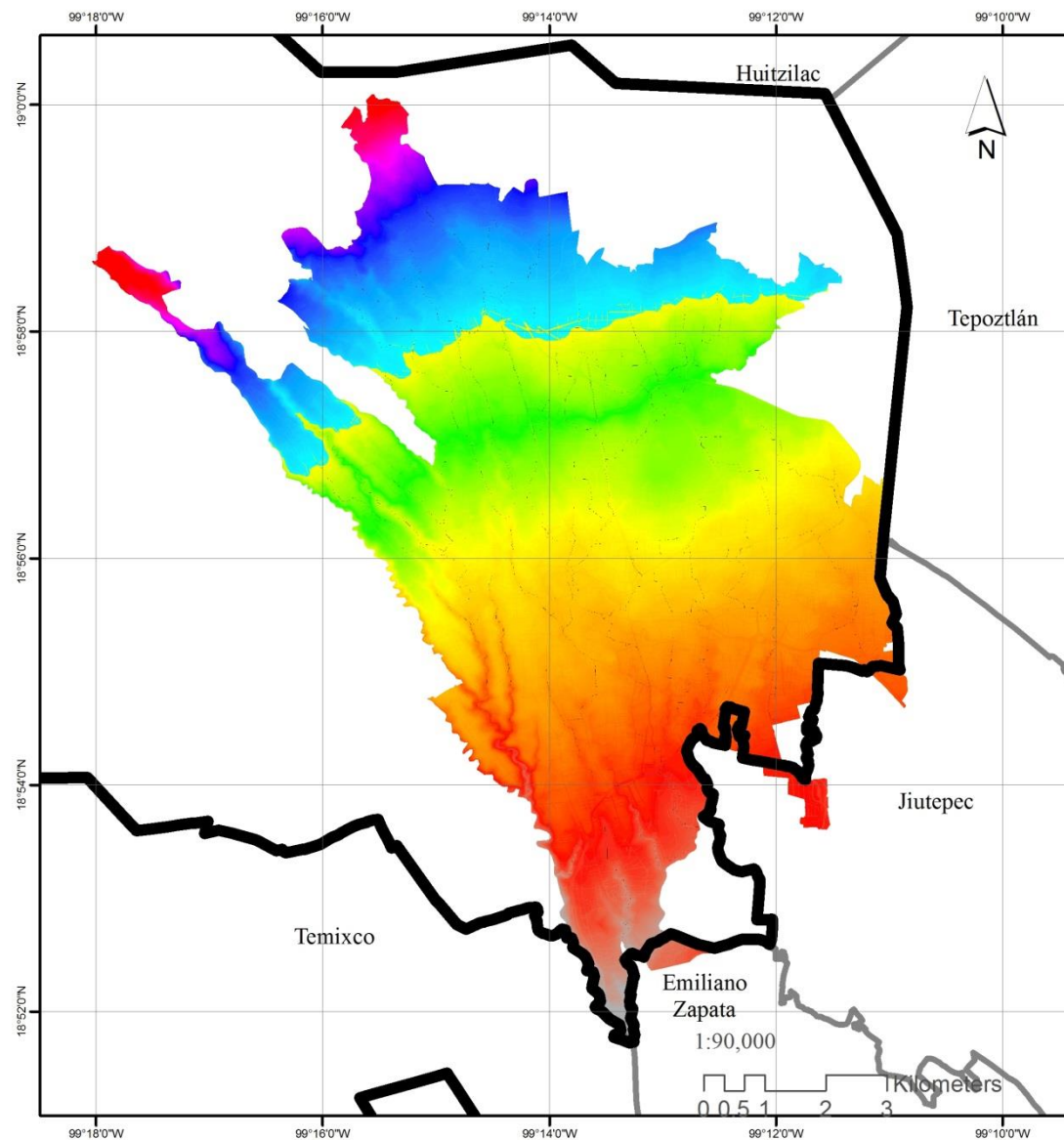
- Límite Municipal Cuernavaca
- Límite Municipal Morelos

SIMBOLOGÍA TEMÁTICA



Fuente: Elaboración propia basada en INEGI 2013 [Metadatos y mapoteca digital].





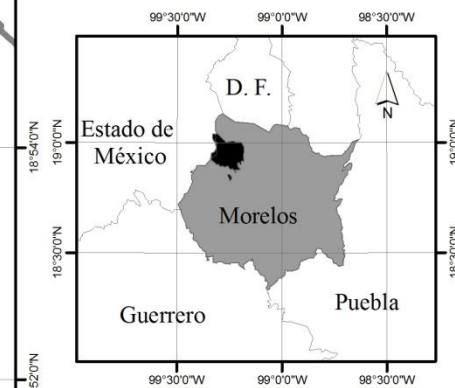
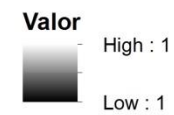
MAPA 4

DEFINICIONES DE CORRIENTE

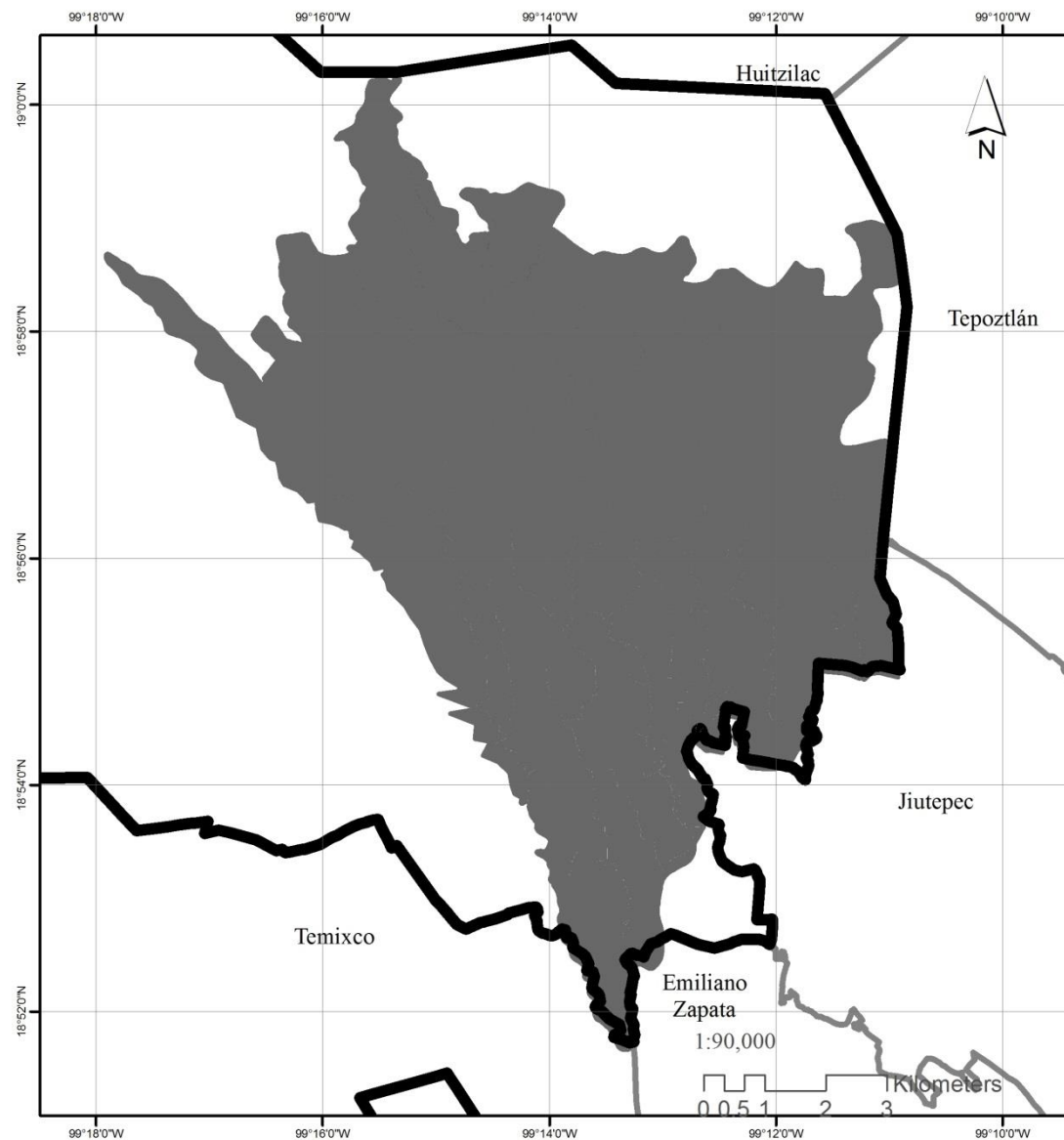
SIMBOLOGÍA BASE

-  Límite Municipal Cuernavaca
-  Límite Municipal Morelos

SIMBOLOGÍA TEMÁTICA



Fuente: Elaboración propia basada en INEGI 2013 [Metadatos y mapoteca digital].



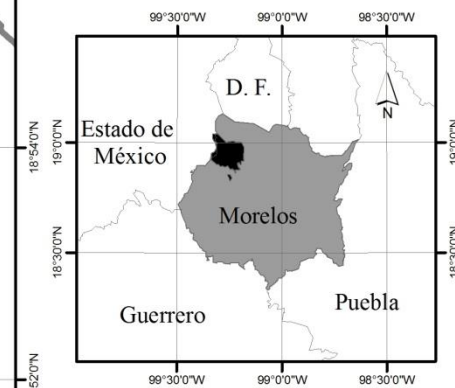
MAPA 5
SEGMENTACIÓN DE CORRIENTE

SIMBOLOGÍA BASE

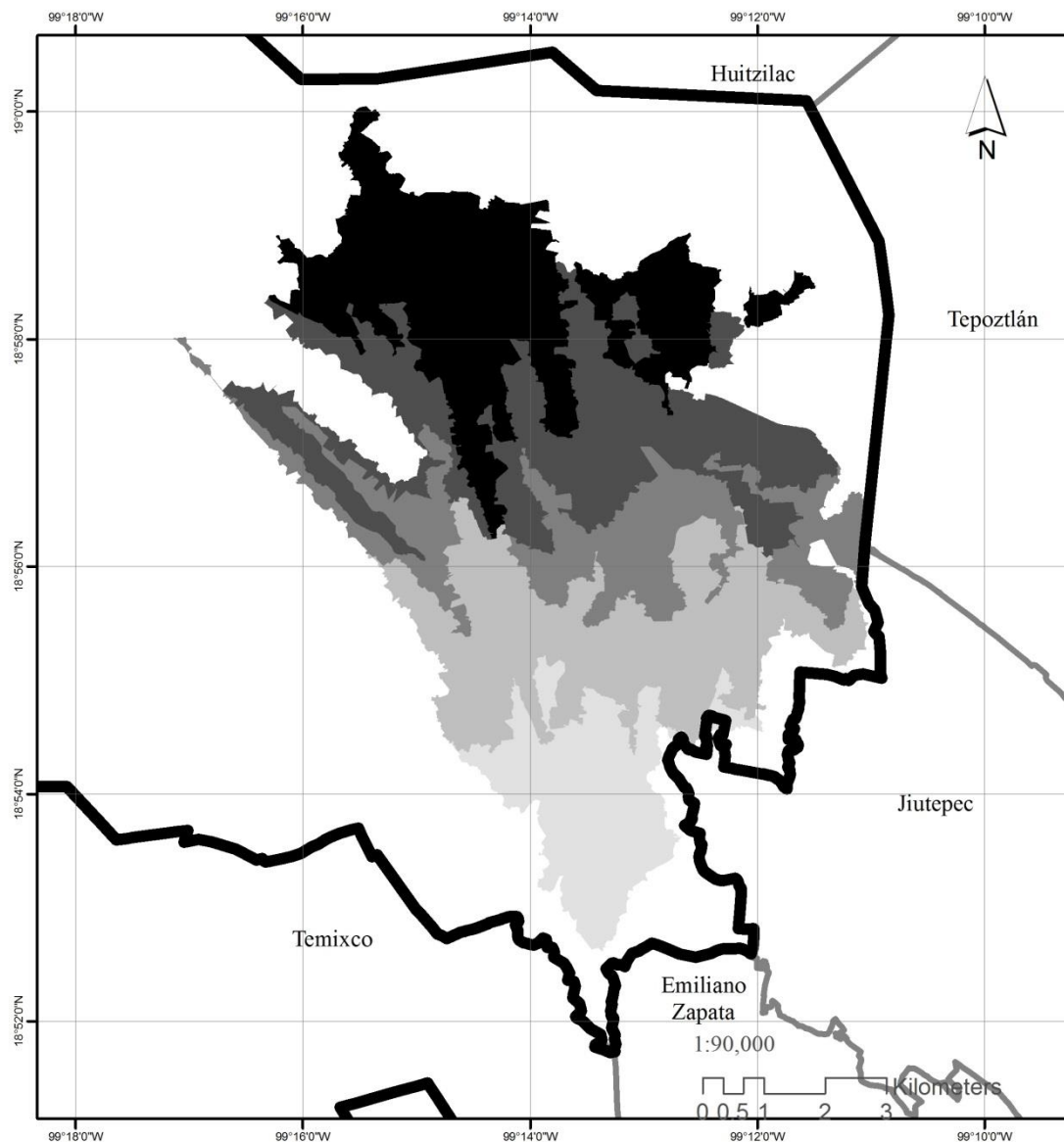
-  Límite Municipal Cuernavaca
-  Límite Municipal Morelos

SIMBOLOGÍA TEMÁTICA

- Valor**
-  High : 110
 -  Low : 1



Fuente: Elaboración propia basada en INEGI 2013 [Metadatos y mapoteca digital].



MAPA 6
DELIMITACIÓN DE CUENCAS

SIMBOLOGÍA BASE

- Límite Municipal Cuernavaca
- Límite Municipal Morelos

SIMBOLOGÍA TEMÁTICA

Valor

- 1 - 23
- 23.00000001 - 45
- 45.00000001 - 67
- 67.00000001 - 90
- 90.00000001 - 110



Fuente: Elaboración propia basada en INEGI 2013 [Metadatos y mapoteca digital]

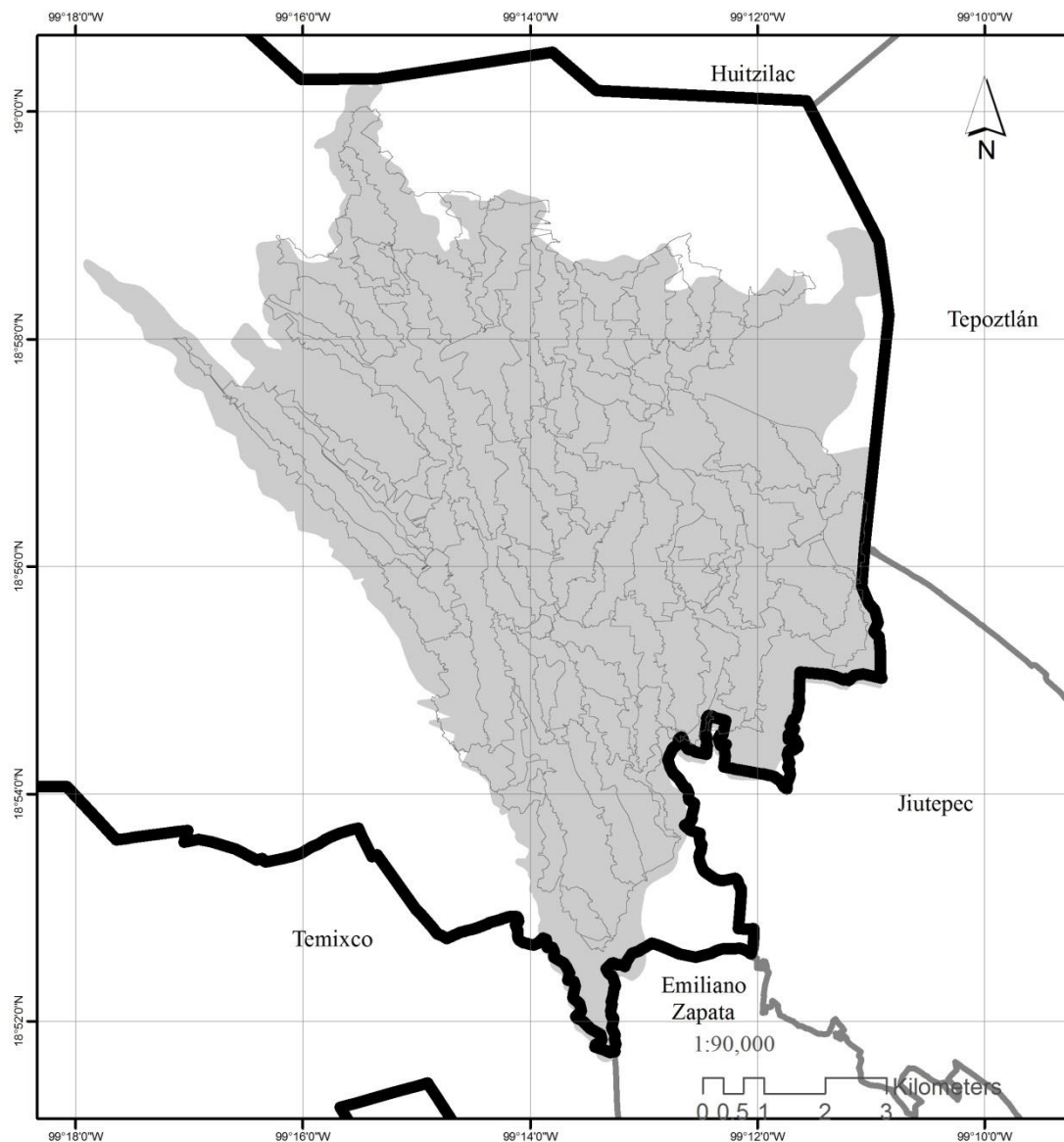
7) Posteriormente, se llevó a cabo el *procesamiento de polígonos*, esta herramienta sirve para crear las cuencas en polígonos, (ver Mapa 7).

8) Para finalizar, se elaboró las *líneas de corriente*, que muestran los flujos de corriente que se generan en la ciudad de acuerdo con la topografía y la traza urbana (ver Mapa 8).

Para obtener un análisis con mayor precisión sobre la escorrentía de datos, se utilizó el software Flo-2D, el cual permite, a través del *shapefile*, creado de la fusión de las curvas de nivel con el de las manzanas, conocer sobre los escurrimientos. Además este software procesa la lluvia por un periodo de tiempo, por lo cual se ingresaron los datos de las isoyetas¹¹ obtenidas con una lluvia de dos horas y un periodo de retorno de 10 años¹²; esto permitió crear un *shapefile* donde se ubicaron las zonas con mayor caudal de escurrimiento. El resultado de los escurrimientos fue preciso para identificar las zonas donde pasan la mayor cantidad de escurrimientos conociendo su cantidad de m³ en la ciudad y observar dónde podían aprovecharse, ya sea en las zonas de baja densidad o colonias donde más se consume el agua potable.

¹¹Línea que une puntos de un mapa que presentan el mismo índice de pluviosidad durante un periodo determinado.

¹² El periodo de retorno de 10 años nos indica que en un año, hay un 10 por ciento de probabilidad de presentarse una lluvia de tales características.



MAPA 7
PROCESAMIENTO DE
POLÍGONOS

SIMBOLOGÍA BASE

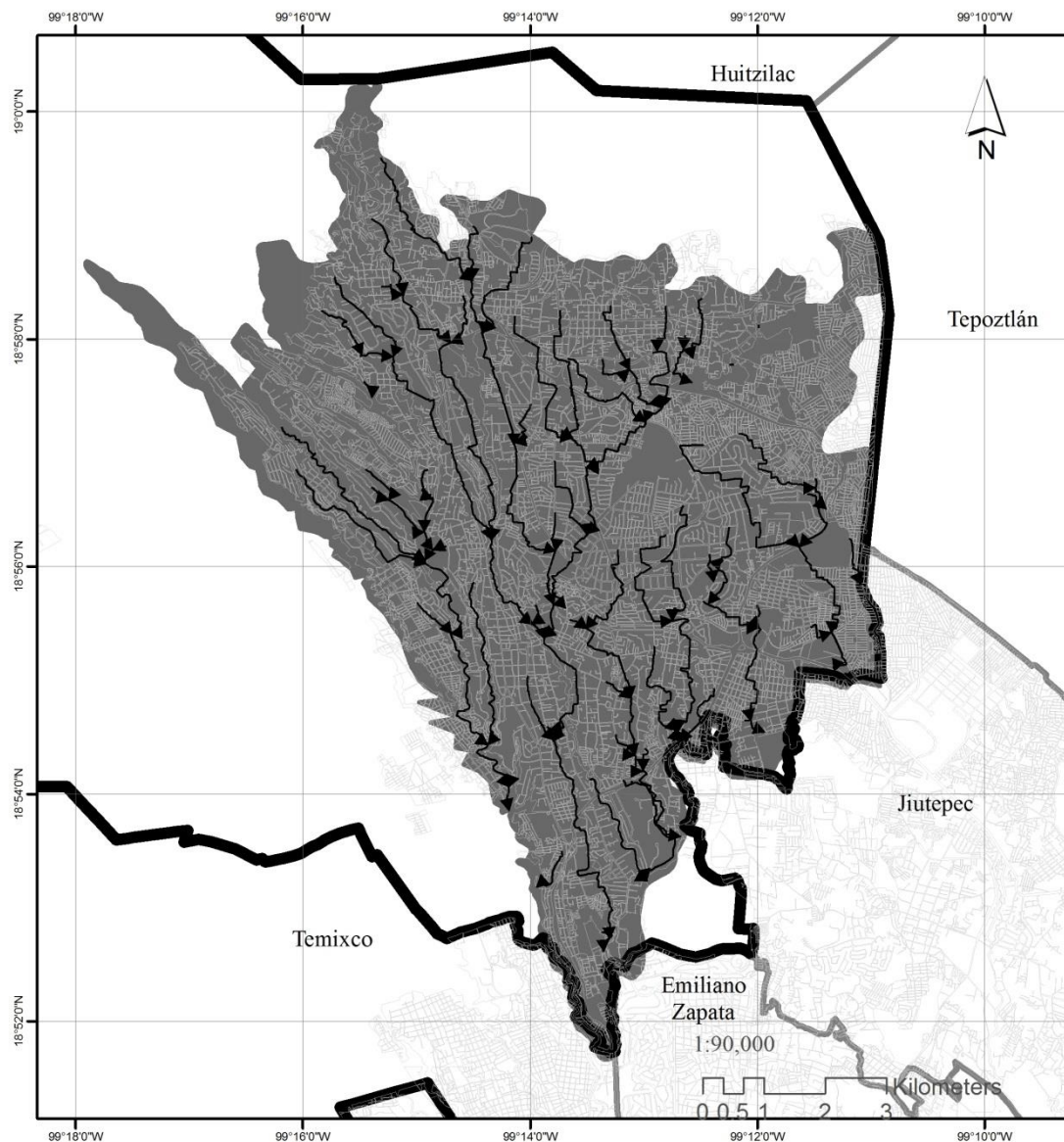
-  Límite Municipal Cuernavaca
-  Zona Urbana de Cuernavaca
-  Límite Municipal Morelos

SIMBOLOGÍA TEMÁTICA

-  Cuencas



Fuente: Elaboración propia basada
en INEGI 2013 [Metadatos y
mapoteca digital]



MAPA 8
LINEAS DE CORRIENTE

SIMBOLOGÍA BASE

-  Límite Municipal Cuernavaca
-  Zona Urbana de Cuernavaca
-  Límite Municipal Morelos

SIMBOLOGÍA TEMÁTICA

-  Manzanas
-  Líneas de corriente



Fuente: Elaboración propia basada en INEGI 2013 [Metadatos y mapoteca digital]

Para la viabilidad económica sobre los aprovechamientos de los escurrimientos pluviales, se propuso comparar, en base a información secundaria, costos sobre infraestructuras de aprovechamiento del agua de lluvia, comparándolas con el gasto de extracción del pozo, y costo del tratamiento de los escurrimientos ingresados a las plantas tratadoras, para ver si es conveniente tomar en algunas zonas el aprovechamiento del agua pluvial en lugar del agua de pozo. Previamente se elaboró, un análisis del gasto de agua potable que usa cada habitante en sus actividades diarias (ver tabla 5.1).

Del análisis ambiental en los escurrimientos, se observan tres áreas potenciales para la captura de la esorrentía y aprovechamiento para usos suntuarios en las áreas verdes de los conjuntos habitacionales residenciales. Son áreas que permitían una distribución del agua por medio de gravedad, ya que las pendientes de la ciudad permiten almacenar el agua, y distribuirla por gravedad a una zona de menor nivel. El análisis se realizó verificando que los escurrimientos no fuesen barrancas¹³, ya que en el análisis, existían muchos escurrimientos dirigidos a barrancas dentro de la ciudad (ver mapa 9), pero el interés para los fines de esta investigación, se centra exclusivamente en las calles de la ciudad (ver mapa 8).

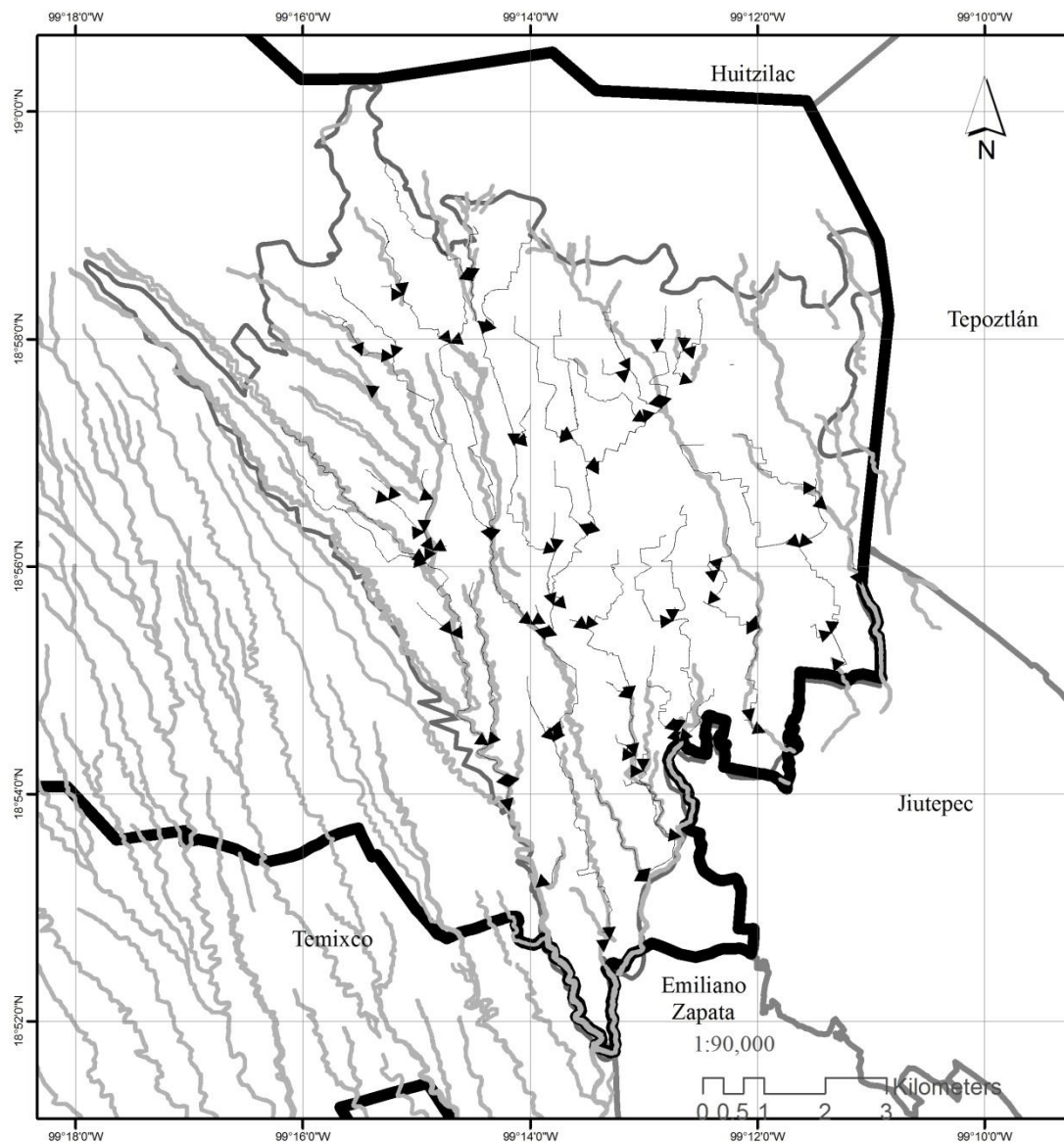
Estos escurrimientos vistos en la ciudad tienen potencial de aprovechamiento, debido al análisis de consumos de agua en la ciudad, proporcionados por el organismo operador SAPAC, toma por toma en cada casa. En esta base de datos se observó que las colonias donde se tiene un mayor consumo de agua en la ciudad son: Vista Hermosa, Centro, Barona Centro, Chamilpa, Ahuatlán, Lomas de Cortes, Acapanzingo y Flores Magón, seguidas por Lomas de la Selva, San Antón, Ocotepec, Santa María, Tétela del Monte, Palmira, entre otras (ver mapa 10). Como se describió antes los escurrimientos se pretenden aprovechar en las zonas de baja densidad para dirigirlos a usos suntuarios y no de consumo humano directo.

¹³La real academia española lo define como: Quiebra profunda producida en la tierra por las corrientes de las aguas o por otras causas.

Por otro lado, se tenía que comprobar el gasto de los pozos, y sus zonas de influencia, para ver dónde se extrae la mayor cantidad de agua, y a qué colonias se abastece, conocer su costo de extracción por metro cúbico, así como su profundidad (SAPAC 2014). De los pozos que más extraen son: La Noria de Chapultepec I, Chapultepec II, el Manantial Túnel Cárcamo, y Antonio Barona II y III. Por lo cual, el análisis fue en base a los escurrimientos y su posible aprovechamiento pero también de las colonias donde se abastecen estos pozos (ver mapa 11).

El diagnóstico que se deriva, es que estas colonias podrían abastecerse, por medio de la escorrentía ocupando el agua para usos suntuarios, de acuerdo con la (tabla 5.1) en promedio una persona consume 11 m³ al mes aproximadamente, cubriendo sus necesidades en todos los aspectos. Entonces en promedio una casa habitación con 5 habitantes consumen 55 m³ al mes (Aracena 2011). Esto no incluye el regado de jardines, los cuales gastan aproximadamente 1,000 litros por cada 100 m² en cada regadío, esta agua potable podría bien no ser extraída, lo que beneficiaría al acuífero y al ambiente, al no producir CO² por el gasto de la energía, ya que el agua de la escorrentía podría cubrir el requerimiento sin ningún problema.

En un estudio realizado en la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) se muestra que el consumo de agua de primer uso que se requiere para casa-habitación representa el 57%, esto incluye: alimentos, bebidas lavado de trastos, aseo personal etc. Por otro lado el uso de agua para jardines y sanitarios representa un 43%, repartidos con 13% en jardines y 30% sanitarios del consumo de agua en las casas (Morales, 2009: 46). Lo cual evidencia la importancia del empleo de agua de escurrimientos pluviales en usos no primarios de casas habitación con lo cual llevaría a tener ahorros significativos en agua de primer uso.



MAPA 9

ESCURRIMIENTOS DIRIJIDOS A BARRANCAS

SIMBOLOGÍA BASE

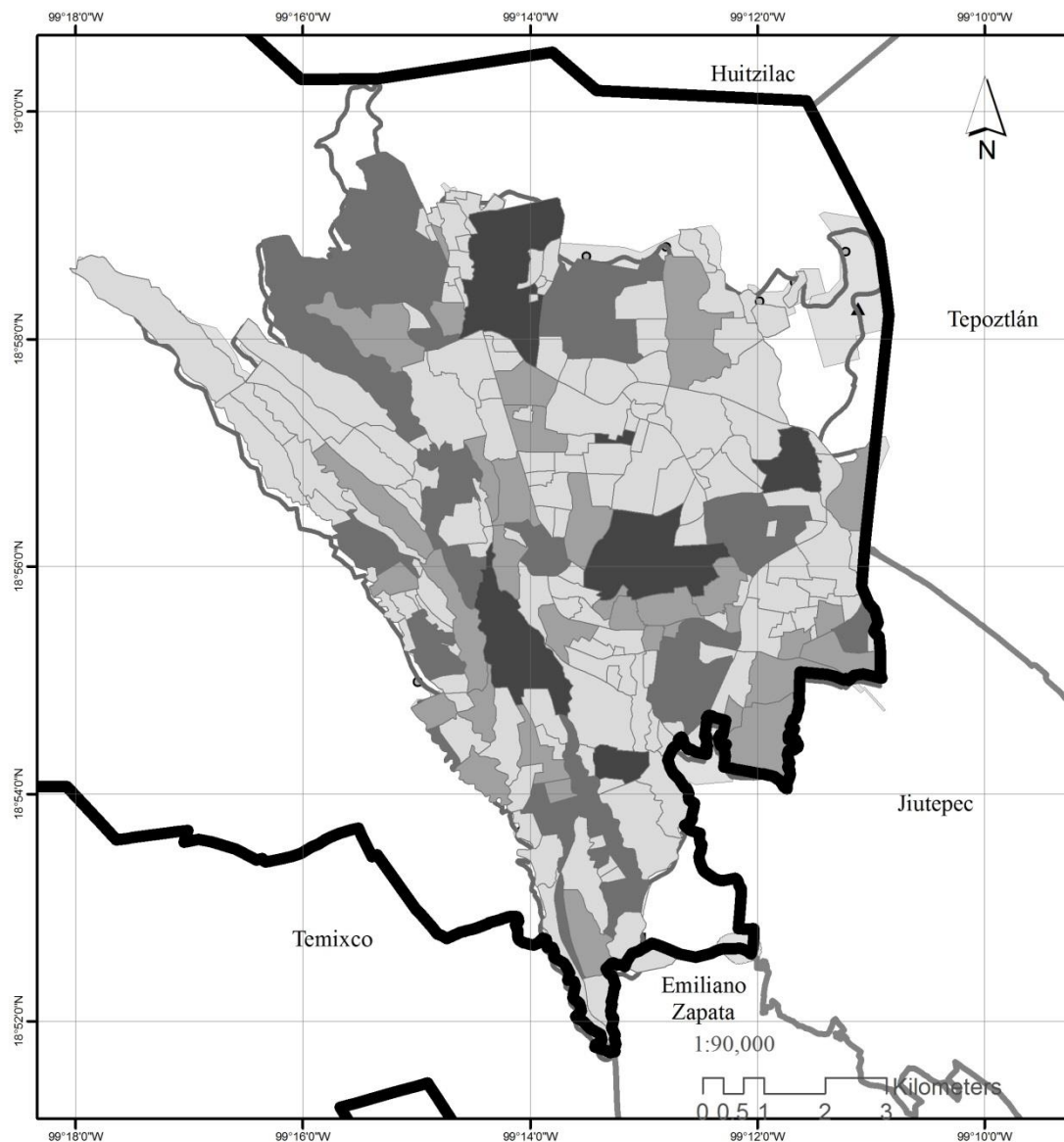
-  Límite Municipal Cuernavaca
-  Zona Urbana de Cuernavaca
-  Límite Municipal Morelos

SIMBOLOGÍA TEMÁTICA

-  Líneas de corriente
-  Barrancas



Fuente: Elaboración propia basado en INEGI 2009 y 2013 [Metadatos y mapoteca digital]



MAPA 10

CONSUMO DE AGUA EN LAS COLONIAS DE CUERNAVACA

SIMBOLOGÍA BASE

-  Límite Municipal Cuernavaca
-  Límite Municipal Morelos
-  Zona Urbana de Cuernavaca

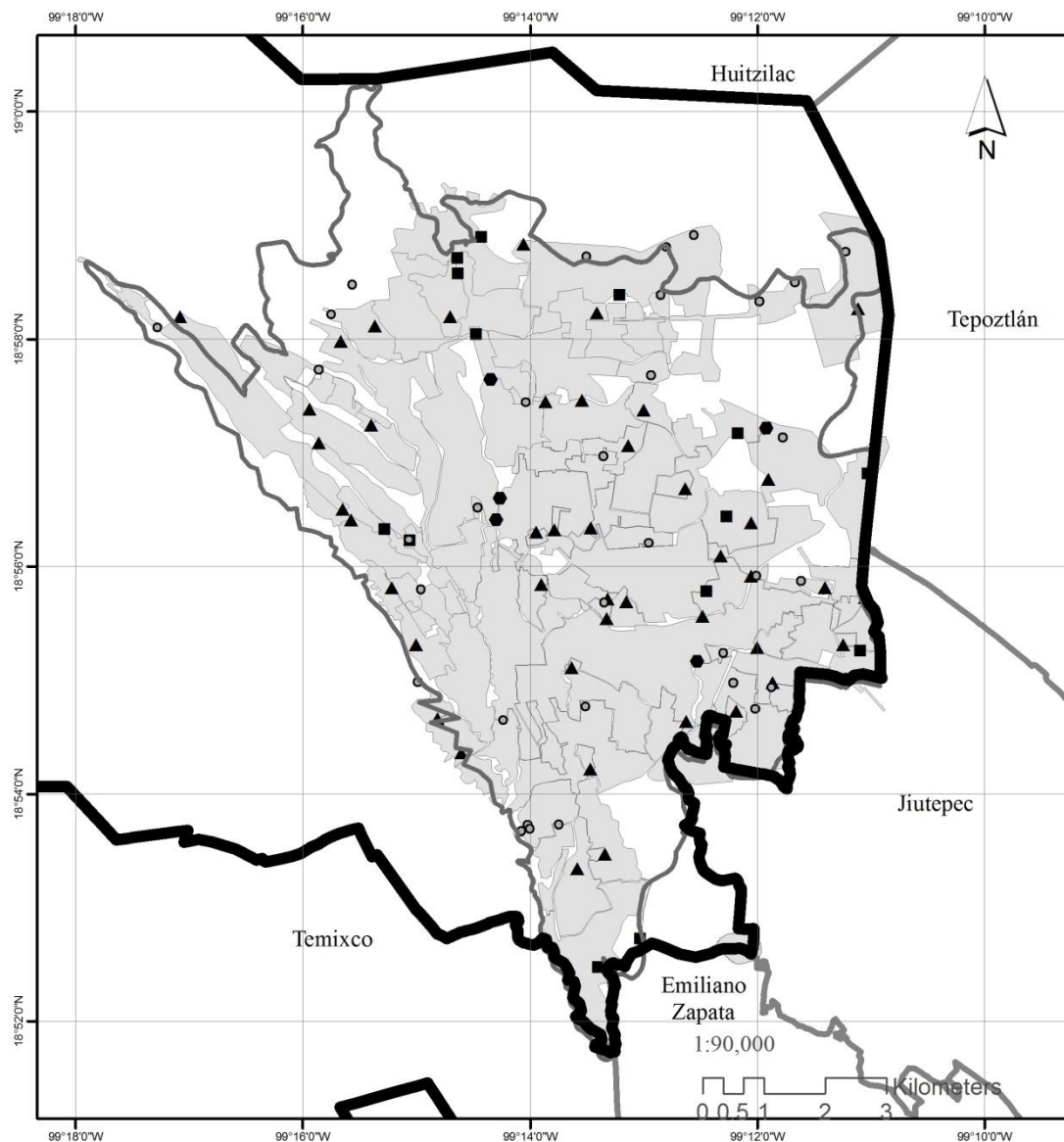
SIMBOLOGÍA TEMÁTICA

Consumo en m3

-  0 - 9449
-  9450 - 26130
-  26131 - 58468
-  58469 - 111292



Fuente: Elaboración propia basada en INEGI 2013 [Metadatos y mapoteca digital] y SAPAC 2013



MAPA 11

EXTRACCIÓN DE AGUA EN POZOS

SIMBOLOGÍA BASE

- Límite Municipal Cuernavaca
- Zona Urbana de Cuernavaca
- Límite Municipal Morelos

SIMBOLOGÍA TEMÁTICA

- Área influencia pozos

Extracción m3 (Pozos)

- 0 - 22479
- 22480 - 72549
- 72550 - 161979
- 161980 - 347732



Fuente: Elaboración propia basada en INEGI 2013 [Metadatos y mapoteca digital] y SAPAC 2013

En las disparidades de distribución del agua, el consumo promedio de una zona de Ecatepec son 28 l/día (zona popular), por otro lado en Santa María Insurgentes son 176 l/día (zona media), y Lomas de Chapultepec tiene un consumo promedio de 885 l/día (zona residencial), es decir en consumo de agua en m³ por bimestre en una familia de 4 personas es de: Ecatepec 6.72 m³, Sta. María 42.2m³ y Lomas de Chapultepec de 212 m³, por lo que se refleja la terrible injusticia en la gestión del agua (Legorreta, 2006).

Tabla 5.1 Litros consumidos aproximadamente por persona al día

Actividades diarias		Promedio Litros aproximados	Consumo litros mes	Consumo de zona de baja densidad 50hab/ha (5 hab/1000 m ²)	Consumo m ³ 5 personas mes
Lavarse las manos		9			
Lavarse los dientes		6			
Ducharse		100			
Lavar los platos a mano		25			
Wc		10			
Cocina (beber)		10			
Lavadora		75			
Lavavajillas		25			
Limpieza de casa		10			
Actividades semanales	Total	270	8370	41850	41.85
Llenar la tina		250			
Lavado de auto		400			
	Total	650	2600	13000	13
				Total	54.85

Fuente: Elaboración propia basado en Aracena 2011

5.1 Primera zona potencial para aprovechamiento de la escorrentía

En base al análisis de los escurrimientos y consumos, la primera área potencial para aprovechar los escurrimientos, se encuentra en las avenidas localizadas al Noroeste del municipio de Cuernavaca. Las avenidas principales donde se encuentra la escorrentía, son: Ahuatepec, Nueva Inglaterra, Teopanzolco, Vicente Guerrero y San Salvador. Esos escurrimientos podrían abastecer a la colonia *Reforma* y *Vista Hermosa* a través de colocar

una cisterna para almacenar el agua y posteriormente distribuirla a través de los camellones, con los que cuentan en la Avenida Teopanzolco (Ver mapa 12).

La colonia *Reforma* tiene una dotación repartida entre los usuarios de 18, 835 m³ por parte del Noria de Chapultepec y del Manantial Túnel Cárcamo (Ver mapa 12). Éstos pozos son los que más demanda tienen en la ciudad de Cuernavaca; el primero con un total de demanda de 347, 732 m³ por mes aproximadamente y el segundo con una demanda de 295, 185 m³. El costo de extracción es elevado, ya que suministran a varias colonias aledañas a ellos. Algunos domicilios de la colonia Reforma sobrepasan el consumo de 55 m³, son 137 usuarios de 508 en total con los que se cuenta en la colonia (según información proporcionada por SAPAC 2013), es decir un 27 por ciento gasta más del agua necesaria, inclusive de los usuarios que más consume del sector doméstico residencial es de 352 m³. Si se ahorrara parte de esos excesos de agua potable supliéndolo con la escorrentía, además de tener un daño menor al ambiente, también podría gastar menos electricidad el Organismo Operador (ver tabla 5.3 y 5.4).

El análisis siguiente es en relación al costo con el que operan actualmente la extracción del pozo o re-bombeo: La extracción del Manantial Túnel Cárcamo es de 295, 185 m³ y el gasto promedio de extracción por m³ es de 1.83 pesos (Ver mapa 13). Si consideramos que 137 usuarios (datos proporcionados por SAPAC) sobrepasan los 55 m³ al mes, ellos están consumiendo aproximadamente 5, 774 m³ de agua potable de más, para cubrir sus necesidades básicas al mes, y al año la cifra es un total de 69, 282 m³ comparado con el costo de la extracción, sin contar el cargo por el FP (Factor de Potencia), nos daría un total de resultado de 126, 786 pesos de ahorro por año (ver tabla 5.3 y 5.4).

Respecto al costo del tratamiento de las aguas residuales de la planta tratadora de Lomas de Cortes (según datos proporcionados por SAPAC) tiene un costo promedio de 1.90 pesos el metro cúbico, tratando en promedio 2, 787 m³ al mes y el gasto promedio por mes de la planta es de 14, 076 pesos, pero en el mes de Junio del 2013 donde se presentan las fuertes precipitaciones el gasto fue de 27, 831 pesos, por lo tanto se presentó casi el doble de gasto en ese mes, probablemente debido al tratamiento de los escurrimientos pluviales, que en este caso fue de 13, 755 pesos y por los cuatro meses de mayor precipitación con los que se cuenta en la ciudad serían un total de gasto de 55, 020 pesos por año (ver tabla 5.3 y 5.4).

Por otro lado la Noria de Chapultepec cuenta con una extracción aproximada de 347, 732 m³ y cuesta 1.86 pesos por m³ (Ver mapa 12). En la colonia *Vista Hermosa* hay 2, 229 usuarios que consumen aproximadamente 119, 377 m³ al mes, esta colonia es una de las que más consumo tienen dentro de la ciudad. Por otro lado sin contar los usuarios de usos comerciales e industriales, existen 473 usuarios domésticos que tienen un consumo mayor de 55 m, es decir un 21 por ciento sobrepasa el consumo de agua. El consumo total de estos usuarios al mes de 29, 657 m³ (el cual usan para el jardín o su alberca) y al año representarían 355, 884 m³. Si se aprovechara el consumo de la escorrentía se ahorrarían 661, 944 pesos al año (ver tabla 5.3 y 5.4).

5.2 Segunda zona con potencial de aprovechamiento de escorrentía

La segunda área posible para el aprovechamiento de los escurrimientos, es en la colonia *Lomas de la Selva* que cuenta con un total de 1, 057 usuarios y con un consumo de 42, 275 m³. Los escurrimientos son en las avenidas principales como: Domingo Diez, Vicente Guerrero, Poder Legislativo. La colonia se abastece del pozo Cuernavaca II, y el pozo Loma Bonita. El primer pozo es de los más profundos de la ciudad con 300 m lo cual eleva el costo de extracción. El pozo abastece a la colonia con una cantidad de 60, 901 m³. Cabe señalar que en este lugar se encuentra un conjunto habitacional residencial, y que por gravedad no se podría abastecer, así que sólo se tomarán en cuenta las casas habitación (ver mapa13).

El segundo pozo que suministra a las casas habitación es Loma Bonita. En promedio la casa residencial gasta 55 m³ por mes, pero 197 usuarios sobrepasan ese consumo, es decir que un 19 por ciento en esa colonia gasta más agua potable, inclusive alcanzando consumos de 395 m³ al mes (ver mapa13). De acuerdo al estimado de la tabla (5.1), se gastan en las áreas verdes al mes 6, 026 m³ y 74, 472 m³ de agua potable al año, que bien podría suplirse con agua de lluvia. La extracción aproximada del pozo al mes, es de 34, 433 m³ teniendo un gasto promedio por m³ de extracción de 3.91 pesos el m³. Es decir que se gasta en usos no primarios al año 291, 185 pesos.

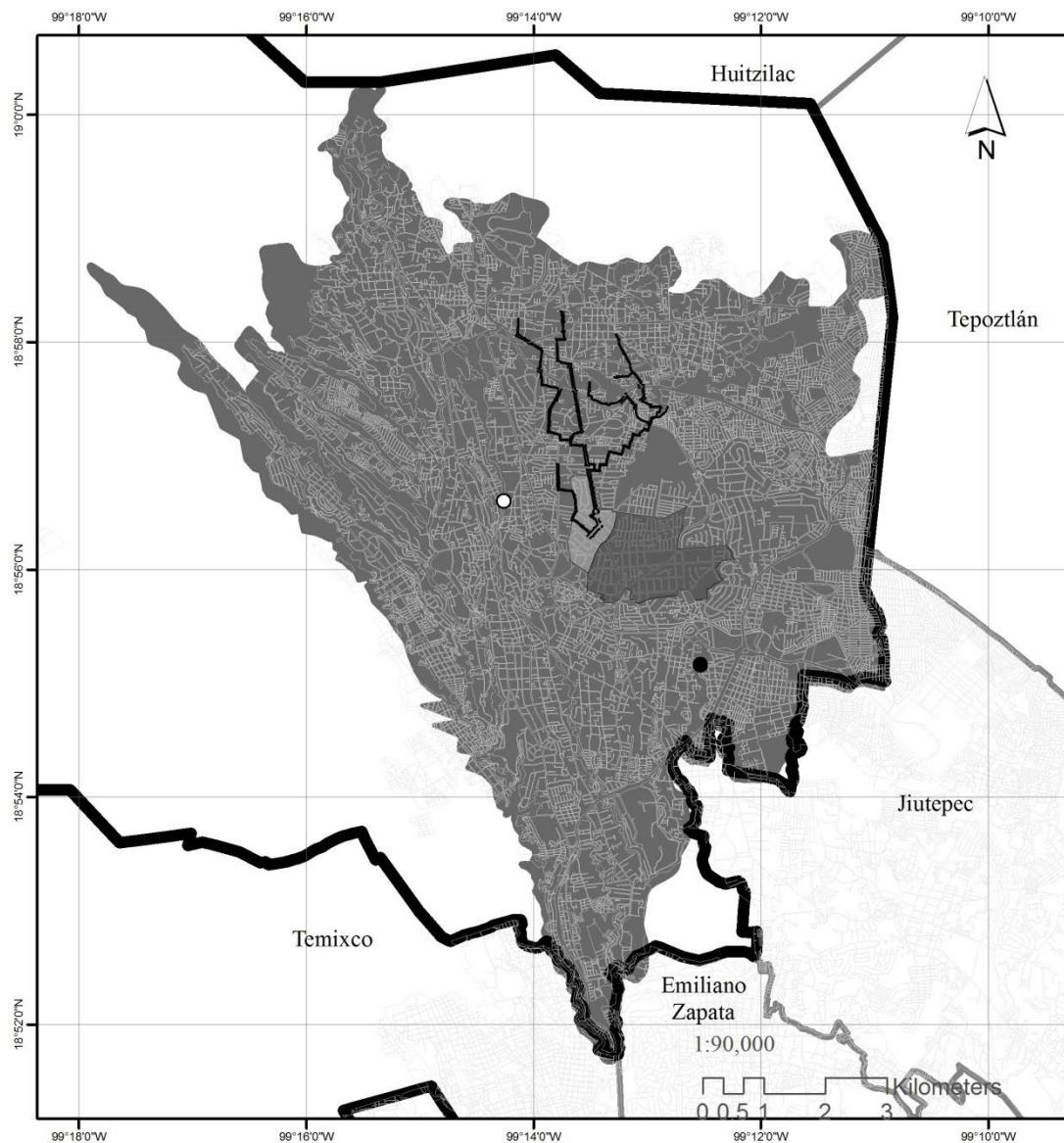
El costo del tratamiento de aguas residuales en la planta tratadora de Arboleda-Chipitlán, es en promedio de 1.10 pesos por metro cúbico (según datos proporcionados por SAPAC), y el tratamiento promedio es de 34, 768 pesos por mes pero cuando empiezan las lluvias se

incrementa, ya que en el mes de mayo, es cuando empiezan las lluvias irregulares, se incrementa a 46, 149 pesos por mes, por lo cual hay un incremento significativo, siendo tratados más de 11, 381 pesos, entonces en los cuatro meses de lluvias siguientes se tendría un gasto por el tratamiento de 56, 905 pesos de ahorro si no se trataran esas aguas pluviales.

5.3 Tercera zona con potencial de aprovechamiento de esorrentía

La tercera zona con posibilidad de aprovechamiento de los escurrimientos pluviales se encuentra al Noroeste de la ciudad, y las calles principales donde escurre el agua son: Av. Subida a Chalma y De los Actores, además de Compositores y Vía Láctea. La colonia que podría aprovechar los escurrimientos es *San Antón* que tiene un total de 1, 280 usuarios y su consumo es de 28, 759 m³ al mes. La colonia se abastece del pozo Soledad, el cual extrae aproximadamente 53, 300 m³ al mes (ver mapa 14). Dentro del análisis se encontró que 125 usuarios sobrepasan el consumo de 55 m³ por mes, representando un 10 por ciento del total de usuarios, pero algunos consumos residenciales alcanzando hasta 400 m³ al mes (según información proporcionada por SAPAC), gastan alrededor de 7, 000 m³ por mes y al año son 28, 000 m³. El costo de la extracción por m³ es de 2.27 pesos, siendo un total de 63, 616 pesos por año.

El tratamiento de las aguas residuales en la planta tratadora de Sacatierra en promedio es de 3.40 pesos por m³ (según información proporcionada por SAPAC), el gasto del tratamiento promedio de la planta por mes, es de 16, 461 pesos, en la temporada de lluvias llega alcanzar los 33, 445 pesos siendo los meses de Junio y Septiembre con mayores precipitaciones del año, el primero con 245 mm y el segundo con 368 mm, si en los cinco meses de lluvia se presenta la misma precipitación tienen que tratarse esos mm de los escurrimientos, por lo que sería una cantidad de 84, 920 por año de ahorro para el organismo operador de no tratar esas aguas.



MAPA 12
AVENIDAS DE ESCURRENTÍA
Y COLONIAS PARA
APROVECHAMIENTO

SIMBOLOGÍA BASE

- Límite Municipal Cuernavaca
- Zona Urbana de Cuernavaca
- Límite Municipal Morelos
- Manzanas

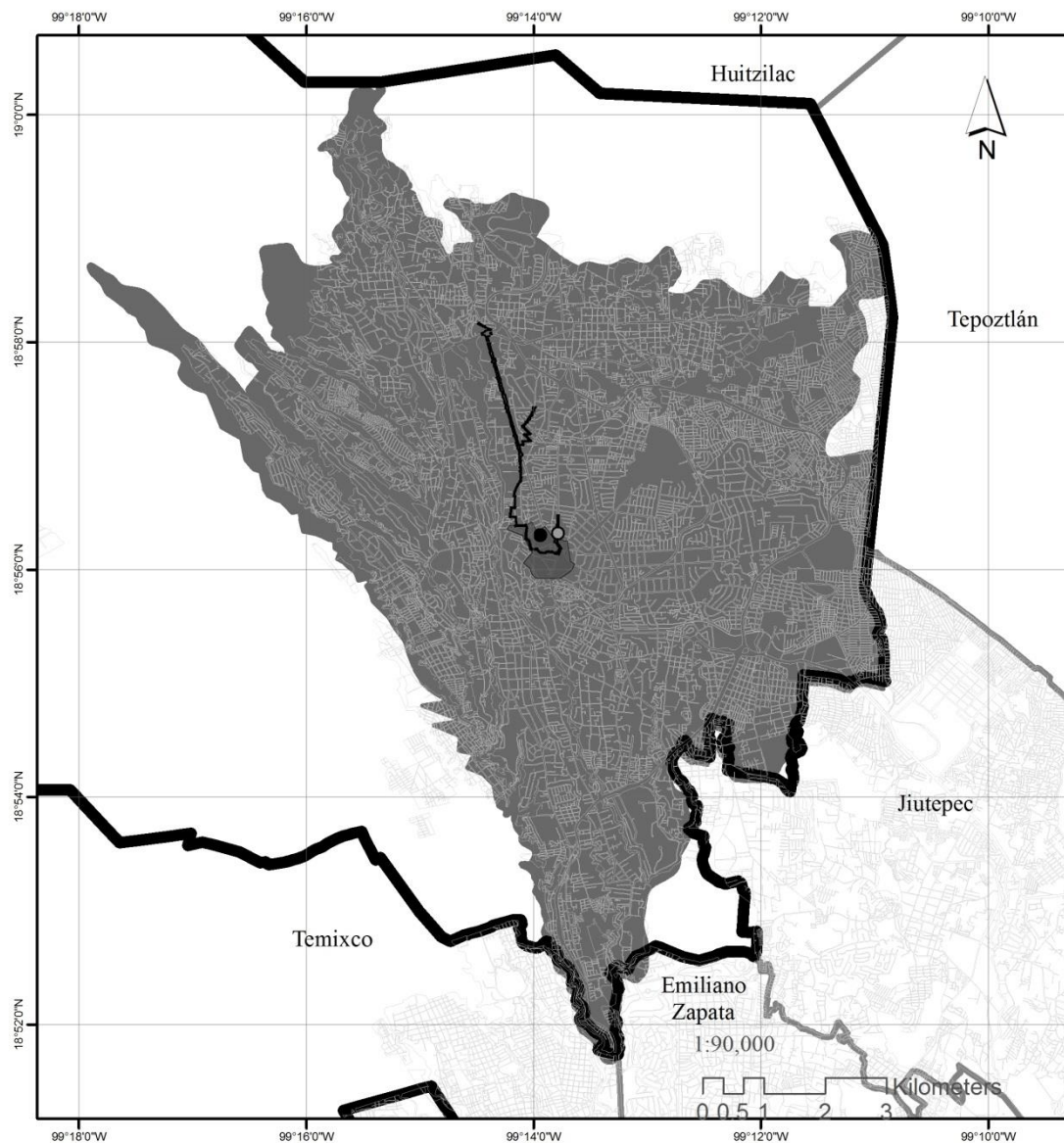
SIMBOLOGÍA TEMÁTICA

Pozos

- Manantial Túnel Carcamo
- Noria Chapultepec
- Escurrecimientos avenidas
- Colonia VistaHermosa
- Colonia Reforma



Fuente: Elaboración propia basada
 en INEGI 2013 [Metadatos y
 mapoteca digital] y SAPAC 2013



MAPA 13
AVENIDAS DE ESCURRENTÍA
Y COLONIA LOMAS SELVA
PARA APROVECHAMIENTO

SIMBOLOGÍA BASE

- Límite Municipal Cuernavaca
- Zona Urbana de Cuernavaca
- Límite Municipal Morelos
- Manzanas

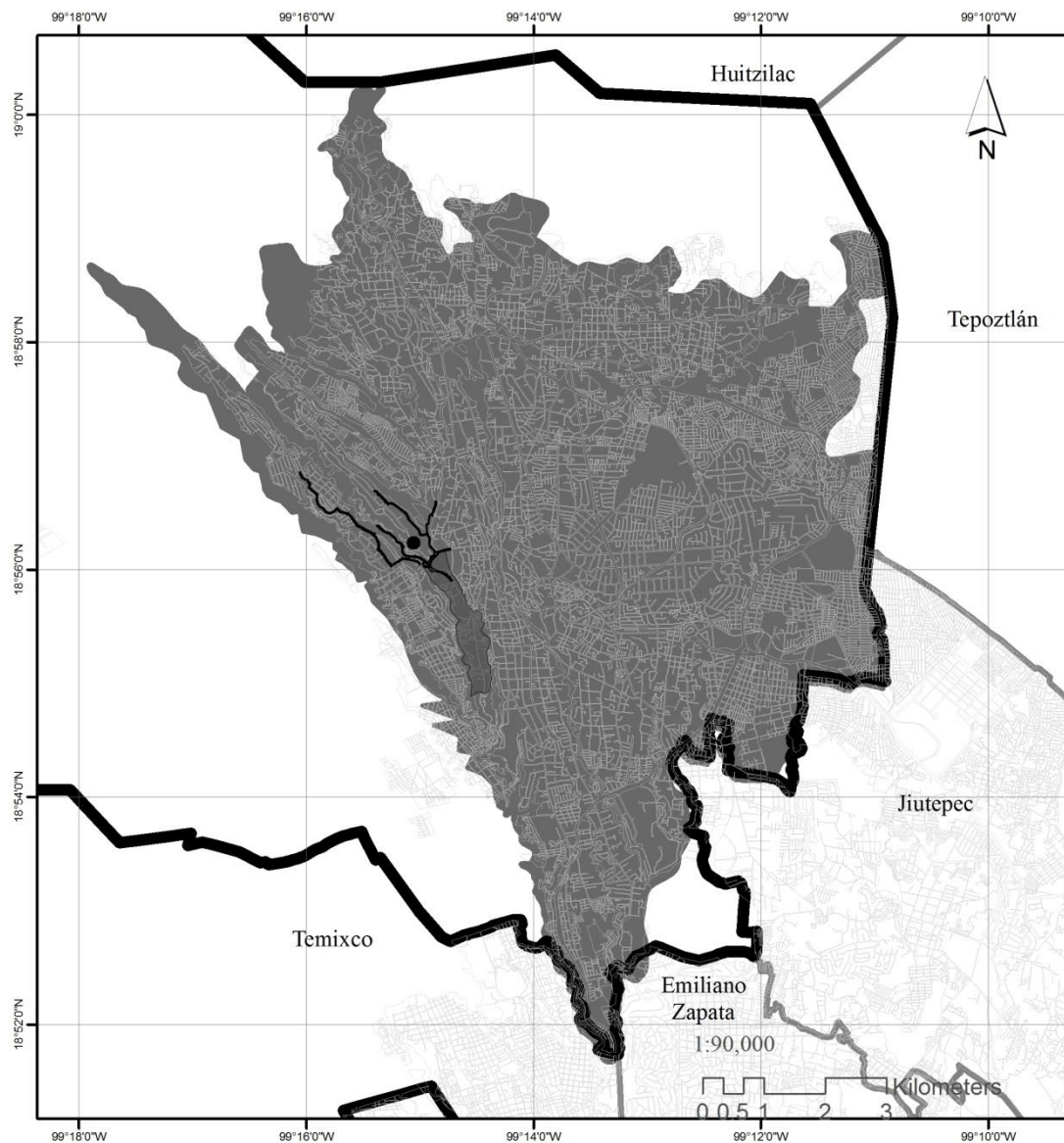
SIMBOLOGÍA TEMÁTICA

Pozos

- Loma Bonita
- Cuernavaca II
- Escurrimientos avenidas
- Colonia Lomas Selva



Fuente: Elaboración propia basada en INEGI 2013 [Metadatos y mapoteca digital] y SAPAC 2013



MAPA 14
AVENIDAS DE ESCURRENTÍA
Y COLONIA SAN ANTON
PARA APROVECHAMIENTO

SIMBOLOGÍA BASE

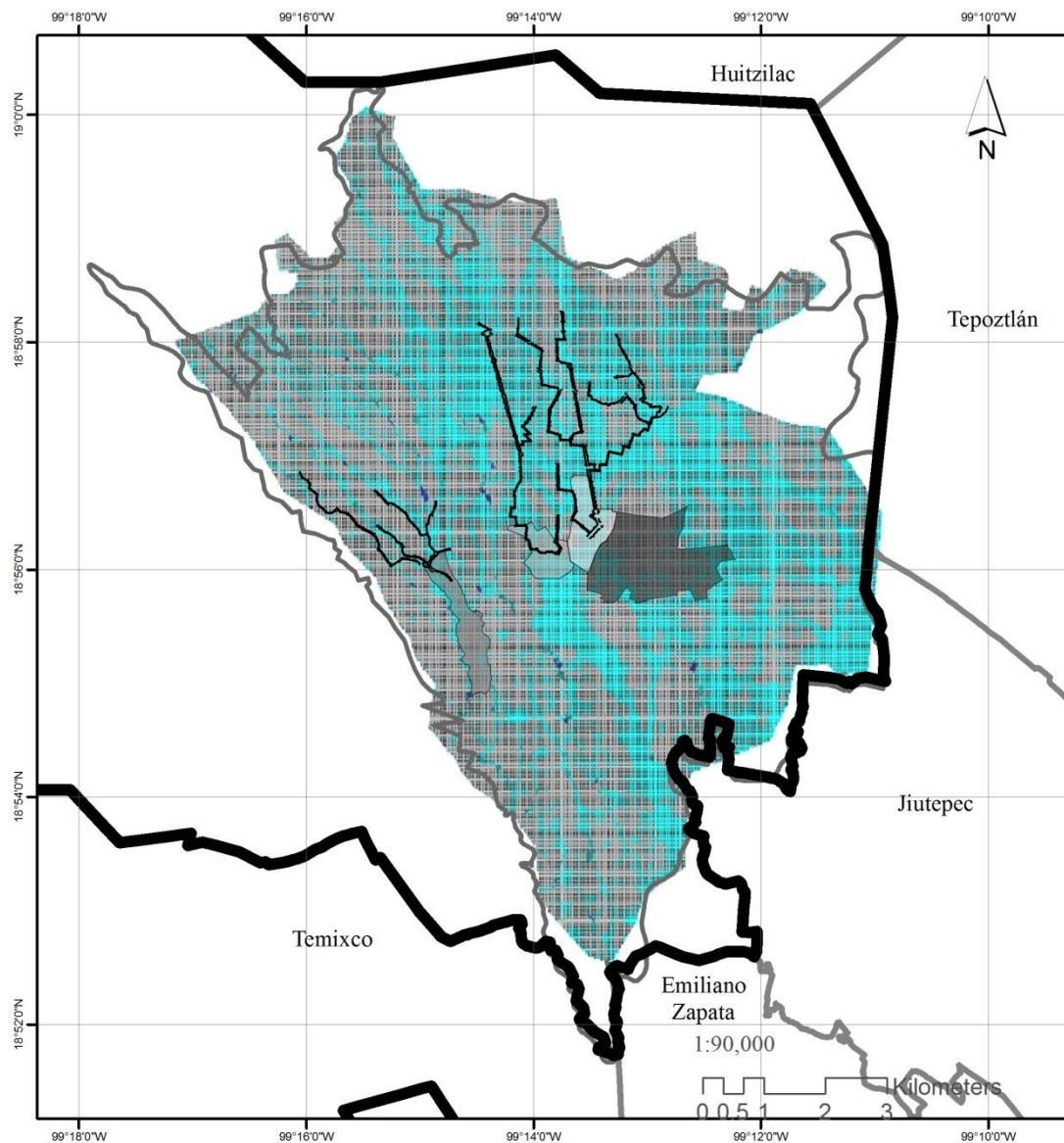
- Límite Municipal Cuernavaca
- Zona Urbana de Cuernavaca
- Límite Municipal Morelos
- Manzanas

SIMBOLOGÍA TEMÁTICA

- Pozo Soledad
- Escurrimientos avenidas
- Colonia San Anton



Fuente: Elaboración propia basada en INEGI 2013 [Metadatos y mapoteca digital] y SAPAC 2013



MAPA 15
ESGUERRIMIENTOS EN LA
CIUDAD DE CUERNAVACA

SIMBOLOGÍA BASE

- Límite Municipal Cuernavaca
- Zona Urbana de Cuernavaca
- Límite Municipal Morelos

SIMBOLOGÍA TEMÁTICA

- Esguerrimientos avenidas
- Colonia Reforma
- Colonia Lomas Selva
- Colonia San Anton
- Colonia Vista Hermosa



Fuente: Elaboración propia basada
en INEGI 2013 [Metadatos y
mapoteca digital] y SAPAC 2013

Ahora es necesario estimar el costo que se tendría para almacenar el agua de escurrimiento, y posteriormente distribuirla por gravedad. En la tabla 5.2 observamos el costo de una ampliación de la tubería ubicado en el pozo Tecolote. Con esta tabla se hizo el análisis de costo por instalar la tubería para aprovechamiento dentro de las casas de densidades bajas, para usos suntuarios, especialmente para el jardín.

Tabla 5.2 Costo de infraestructura para distribución de agua potable en pozo tecolote

Área	Longitud	Costo
Zona A ¹⁴ (\$375 ml)	280 m	\$ 105 222.62
Zona B ¹⁵ (\$335 ml)	900 m	\$301 720.74
Zona C ¹⁶ (\$290.5 ml)	971 m	\$282 115.37
	2 151 m	\$689 115.37

Fuente: elaboración propia, basado en SAPAC

Las colonias a analizarse son: la colonia Reforma y Vista Hermosa donde estaría hablando que aproximadamente se necesitarían 3, 400 ml de infraestructura de la tubería para el aprovechamiento de la escorrentía. Observamos que el costo más elevado es en la Zona A con 375 pesos el ml, lo cual es una cantidad de \$1, 275, 000 de instalación y será necesario la propuesta de una infraestructura para la captura y poderse aprovechar posteriormente, el almacenamiento podría ser con cisternas de ferrocemento o con una geo-membrana cubierta. El retorno de inversión para la primera sería de 12 años y la segunda de 20 años (ver tabla 5.4 y anexos 9, 10, 11), cabe resaltar que en esta zona pasa el mayor caudal de las zonas de aprovechamiento y además existen extensas áreas verdes para poder instalar la infraestructura (ver figura 5.1, 5.2 y anexo 7).

¹⁴ Excavación en suelo de resistencia a la compresión (arcilla) e instalación de tubería

¹⁵ Excavación en suelo cohesivo con resistencia a la compresión (suelo seco pedregoso) e instalación de tubería.

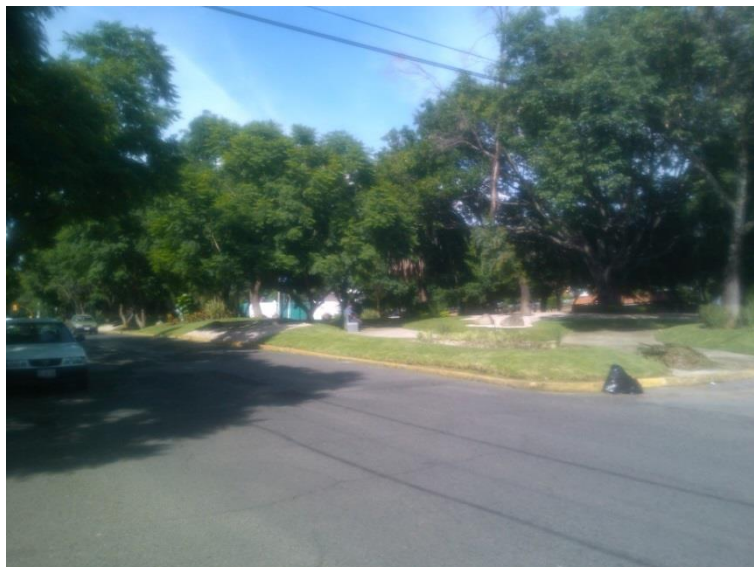
¹⁶ Excavación en suelo de tierra e instalación de tubería.

Figura 5.1 Áreas verdes para posible infraestructura de captura de escurrimientos en colonia Reforma



Fuente: Fotografía tomada por el autor

Figura 5.2 Áreas verdes para infraestructura de captura de escurrimientos en colonia Reforma



Fuente: Fotografía tomada por el autor

La cantidad de escurrimiento que se genera en esta zona después de una lluvia de las isoyetas obtenidas con una lluvia de dos horas y un periodo de retorno de 10 años es de 161, 363 m³ por lo cual, se tiene más de la mitad del agua de lluvia que se podría almacenar, para posteriormente distribuirse a las casas de bajas densidades, donde ocupen el agua de los escurrimientos para el riego de jardines, y usos suntuarios dentro de su casa habitación (ver mapa 15).

En la colonia Lomas de la Selva, se necesitarían aproximadamente 1, 200 ml de tubería para distribuir la esorrentía después del almacenamiento. Dado que el gasto de más en esta colonia es de 74, 472 m³ anual para el uso de áreas verdes, por lo cual se gasta 291, 185 pesos en usos suntuarios, si se hiciera la inversión de la infraestructura para el aprovechamiento de los escurrimientos pluviales, sería de 450, 000 en tuberías y la cisterna con tanque elevado de 1, 900, 000 por lo que el total sería de 2, 350, 000, por lo cual el retorno de la inversión sería de aproximadamente 8 años (CEA). Cabe señalar que la cantidad de agua que se tendría disponible de escurrimientos pluviales sería de 21, 365 m³ por lluvia (ver mapa 14). Está zona tendría que tener una cisterna superficial y un tanque elevado. Por lo cual sólo se aprovecharía sólo una pequeña parte de los escurrimientos debido a la falta de espacio (ver figura 5.3), sí se tuviese el espacio para almacenamiento el retorno de inversión podría checar en la tabla 5.4.

Figura 5.3 Zona de infraestructura para la colonia Lomas de la Selva.



Fuente: Fotografía tomada por el autor

En la colonia San Antón se necesitan un total de 2, 400 ml de tubería para aprovechar los escurrimientos pluviales lo cual se tendría un costo de 900,000. Si se toma en cuenta que se gasta en usos suntuarios 28, 000 m³ y el costo por esa cantidad para las áreas verdes es de 63, 616 pesos por año, por lo cual podría realizarse el análisis del retorno de inversión al instalar la infraestructura, este sería de 900, 000 pesos, por lo tanto el tiempo estimado para recuperar lo invertido sería de aproximadamente 14 años (CEA). Teniendo en cuenta que la cantidad de m³ de agua que pasa por esta zona es de 2, 151 m³ ver mapa (ver mapa 15). La zona para instalar la infraestructura es la más pequeña de las tres zonas analizadas en Cuernavaca, por lo que es la que menor poder de almacenamiento tendría (ver figura 5.4) sí se tuviese el espacio para almacenamiento, el retorno de inversión podría checar en la tabla 5.4.

Figura 5.4 Zona de infraestructura para la colonia San Antón.



Fuente: Fotografía tomada por el autor.

Tabla 5.3 Datos de las colonias con potencial de aprovechamientos pluviales

Colonia	Reforma	Vista Hermosa	Lomas de la Selva	San Antón
Total usuarios	508	2, 229	1, 057	1, 280
Consumo total m ³	18, 835	119, 377	42, 275	28, 759
Pozo	Manantial Túnel Cárcamo	Noria de Chapultepec	Cuernavaca II y Loma Bonita	Soledad
Extracción de pozo m ³ por mes	295, 185	347, 732	95, 334 ¹⁷	53, 000
Usuarios con consumo mayor a 55 m ³	137	473	197	125
Consumo en m ³ usos suntuarios mes	5, 774	29, 657	6, 206	7, 000
Consumo en m ³ usos suntuarios 8 meses	46, 192	237, 256	49, 648	56, 000
Cantidad de agua en m ³ de escurrimientos	161, 363	161, 363	21, 365	2, 151

Fuente: Elaboración propia con datos de SAPAC.

Tabla 5.4 Costos y retorno de inversión en las colonias.

Costos	Reforma	Vista Hermosa	Lomas de la Selva	San Antón
Gasto anual (pesos) para usos suntuarios ¹⁸	\$ 126,786	\$ 661,944	\$ 291,185	\$ 63,616
Gasto de tratamiento de aguas pluviales por PTAR ¹⁹	\$ 55,020	\$ 55,020	\$ 56,905	\$ 84,920
Cobro por m ³ de aguas pluviales ²⁰	\$ 220,798	\$ 1,134,084	\$ 237,317	\$ 267,680

¹⁷ Extracción en m³ por ambos pozos

¹⁸ Gasto por uso de agua potable en usos suntuarios

¹⁹ Planta de tratamiento

²⁰ El cobro por m³ sería de acuerdo con la LEAP de Morelos para el agua potable.

Ahorro en usos suntuarios y cobro de agua pluvial. ²¹	\$ 402,604	\$ 1,851,048	\$ 585,407	\$ 416,216
Costo de infraestructura para distribución de Agua	\$ 1,275,000.00	\$ 1,275,000.00	\$ 450,000.00	\$ 900,000.00
Costo infraestructura para aprovechamiento de escurrimientos con cisterna de ferrocemento ²² de 50 m ³	\$ 3,584,499.20	\$ 18,411,065.60	\$ 3,852,684.80	\$ 4,345,600.00
Retorno de inversión Años	12	11	7	13
Costo infraestructura para aprovechamiento de escurrimientos con cisterna de concreto ²³	\$ 50,958,615.21	\$ 261,738,768.84	\$ 54,771,244.54	\$ 61,778,716.05
Retorno de inversión Años	130	142	94	151
Costo infraestructura para aprovechamiento de escurrimientos con cisterna de geo-membrana ²⁴ con cubierta	\$ 6,854,400.00	\$ 29,702,400.00	\$ 6,854,400.00	\$ 7,996,800.00
Retorno de inversión Años	20	17	12	21

Fuente: Elaboración propia basado en SAPAC, LEAP.

²¹ El ahorro en usos suntuario de agua potable y el cobro por el agua de escorrentía entregada.

²² PESA (2008) anexo

²³ Figueroa (2012)

²⁴ Amanco Geosintéticos

Conclusiones:

Por lo cual se puede concluir que al menos en la colonia de Reforma y Vista Hermosa es viable aprovechar la esorrentía para usos suntuarios, con un retorno de inversión a mediano-largo plazo, además de las tres zonas de escurrimientos para aprovechar en la ciudad tiene áreas verdes donde se puede instalar la infraestructura con el propósito de capturar los escurrimientos para su posterior distribución. Por otro lado, sin contar el beneficio ambiental ocasionado por tener una menor extracción del agua potable de los pozos. Además de que se puede buscar el financiamiento en proyectos de tal envergadura debido a que se propicia una cultura del cuidado del agua así como promueve el uso eficiente del agua, y combate el abatimiento del acuífero. En este sentido la propuesta para buscar el apoyo es en Fundación Gonzalo Río Arronte, donde en 2002 financiaron el proyecto *“Regeneración de cuencas y recarga de acuíferos, obras de extracción, conducción y distribución y tratamiento de agua residual”* en la región mixteca poblana, proyecto llamado *“Agua para siempre”*, con un costo de \$26,957,750.00 por lo cual, un apoyo similar como aporte la fundación sería un paso para el municipio de Cuernavaca y también para el organismo operador SAPAC para llevarse a cabo tal proyecto de investigación (Arronte 2014).

Para la Viabilidad Social se realizó un cuestionario así como la aplicación de la AHP a los usuarios del Sistema de Agua Potable y Alcantarillado de Cuernavaca (SAPAC), para conocer lo que opina la gente sobre ciertas medidas de gestión para el ahorro del agua en su colonia, y saber si tienen la sensibilidad de no derrochar el agua.

Para empezar, se realizó una cita con el coordinador de SAPAC y se solicitó permiso para realizar las encuestas, así como la información planeada para el trabajo de campo. Esta información comprende la ubicación y producción de pozos, y el consumo de cada toma de los usuarios, lo cual es fundamental para calcular en que colonias se presentan los mayores consumos de agua potable; y con el análisis de los escurrimientos pluviales obtenidos previamente con el Modelo Digital de Elevación, identificar dónde es que se concentran los mayores escurrimientos para aprovechar en usos consuntivos, es decir, en los parques de la ciudad o de igual manera dentro de las viviendas en sus áreas verdes, donde dentro de los predios hay un mayor consumo de agua potable.

6.1 Instrumento de encuestas

El instrumento aplicado consta de dos partes, la primera parte es un a) cuestionario con preguntas directas cuyo objetivo es conocer la opinión sobre las estrategias del ahorro del agua en los usuarios del Organismo Operador. Estas preguntas fueron elaboradas por propia autoría, y consta de cinco reactivos con escala tipo Likert, (del 1 al 5 donde 1 era muy conveniente y 5 Muy inconveniente). Dos preguntas eran sobre la captura del agua de lluvia, una directamente dentro de la casa, y la otra del aprovechamiento de los escurrimientos. Estas dos primeras preguntas, fueron para ver qué opinaba la gente sobre el aprovechamiento del agua de lluvia, si lo veían como una forma importante de aprovechamiento o si no les era importante. Las siguientes tres preguntas, tenían que ver directamente con el organismo operador SAPAC donde se preguntaba acerca de opciones que iban desde un aumento del agua potable, hasta un control electrónico por parte del organismo. Y por último una pregunta abierta sobre una

propuesta o sugerencia para el ahorro del agua. Estas preguntas surgieron para ver qué opinaban los usuarios en base a las decisiones tomadas en forma vertical, y ver, en qué nivel de desacuerdo se encuentra que tengan una limitación en el consumo (es decir que el ahorro del agua venga de la dependencia pública, y no tanto por su cultura de cada ciudadano en el cuidado del agua).

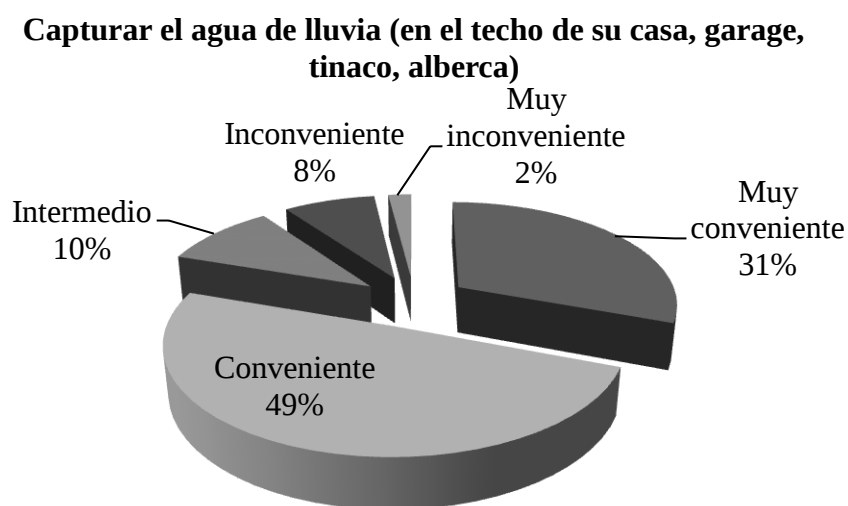
6.2 Proceso de aplicación de encuestas

El modo de aplicación de las encuestas fue la siguiente: Al principio se le preguntaba al usuario si se le podía aplicar una encuesta en su tiempo de espera (ya fuera para realizar el pago, o para realizar algún trámite, por lo cual tenían que tomar turno), para conocer su punto de vista sobre ciertas medidas para el ahorro del agua. Algunos usuarios accedían y otros no. A los usuarios que accedían se les aplicaba el cuestionario, una hoja con apartado A y el Método AHP en el apartado B. El apartado A consistía de preguntas directas sobre cómo consideraba ciertas medidas de gestión, desde Muy conveniente a Muy inconveniente (ver anexo figura 1). Y por el lado B, se aplicaba el AHP. Ahí se solicitaba al usuario comparar dos medidas de gestión sobre ahorro de agua, en el cual respondían sobre cuál era la medida más conveniente para ellos, otorgándoles un valor, desde más importante hasta extremadamente más importante o menos importante (ver anexo figura 2).

A) En los primeros resultados de las 101 encuestas del lado A, se encontró en las preguntas directas lo siguiente:

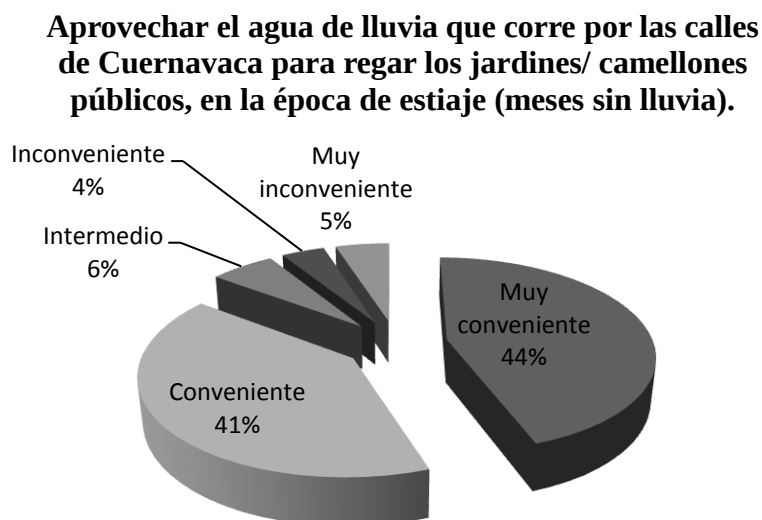
- 1) La primera pregunta enunciaba: ¿Cómo considera usted la captura de agua de lluvia (en el techo de su casa, garaje, tinaco, alberca) para utilizarse posteriormente?, a lo que la mayor cantidad de gente (un 49 %) cree que es muy conveniente esta medida de gestión para el ahorro del agua en su colonia, (ver grafica 6.1).
- 2) La segunda pregunta enunciaba, ¿Cómo considera aprovechar el agua de lluvia que corre por las calles de la ciudad de Cuernavaca para regar los jardines o camellones públicos en época de estiaje (meses sin lluvia)? A lo que la gran mayoría contestó, muy conveniente (44 %) y conveniente (41 %), (ver grafica 6.2).

Grafica 6.1



Fuente: Elaboración propias, basado en encuestas aplicadas en SAPAC.

Grafica 6.2



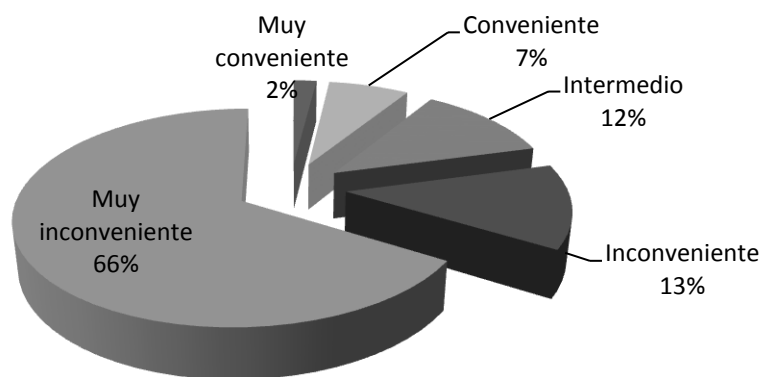
Fuente: Elaboración propia, basado en las encuestas aplicadas en SAPAC.

3) La tercer pregunta era: ¿Cómo considera que SAPAC (Sistema de Agua Potable y Alcantarillado de Cuernavaca, autorice un nuevo aumento en el precio del agua? A lo que la

gran mayoría de gente respondió tajantemente, que muy inconveniente (66 %), (ver grafica 6.3).

Grafica 6.3

Que SAPAC (Sistema de Agua Potable y Alcantarillado de Cuernavaca) autorice un nuevo aumento del precio del agua.



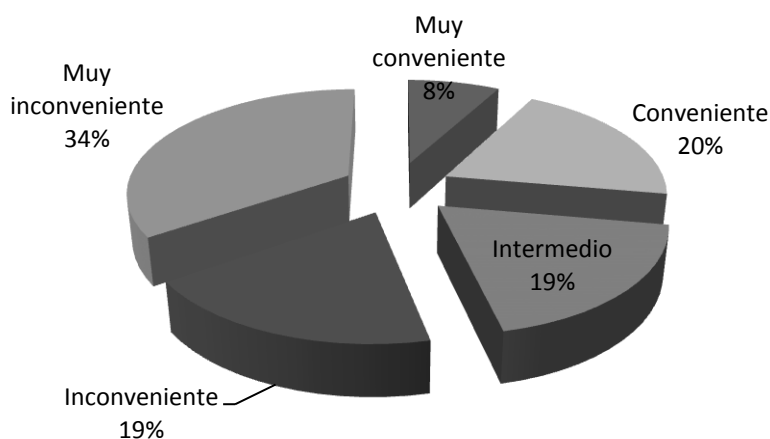
Fuente: Elaboración propia, basado en las encuestas aplicadas en SAPAC.

4) La cuarta pregunta realizada fue: ¿Cómo considera que le proporcionen el agua por tandeo (algunos días si y otros no)? A lo que una mayoría contestó que muy inconveniente (34 %), mientras que un 20 % de los encuestados opinaba que era conveniente para el ahorro del agua, (ver grafica 6.4).

5) La quinta pregunta realizada fue: ¿Cómo considera que SAPAC controle electrónicamente el uso que hacemos del agua en nuestra casa, limitando el suministro para los grandes consumidores en la ciudad de Cuernavaca? La mayoría de usuarios contestó de conveniente con un 36 %, seguida de muy conveniente con un 32 % de los encuestados para esta medida como el ahorro del agua (ver grafica 6.5)

Grafica 5.4

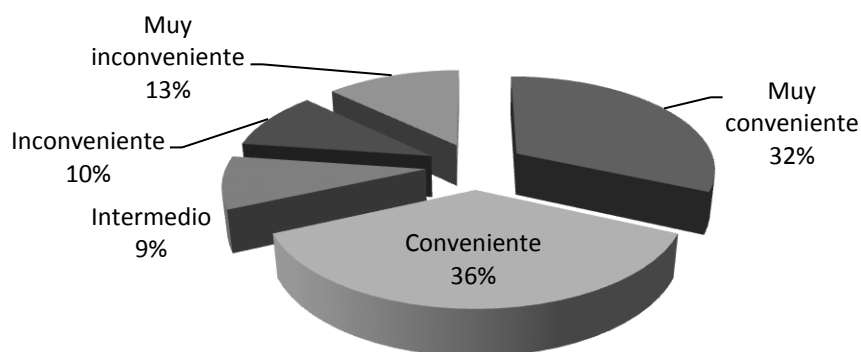
Que le proporcionen el agua por tandeo (algunos días sí y otros no).



Fuente: Elaboración propia, basado en las encuestas aplicadas en SAPAC.

Grafica 5.5

Que SAPAC controle electrónicamente el uso que hacemos del agua en nuestra casa. Limitando el consumo para los grandes consumidores en la ciudad de Cuernavaca.



Fuente: Elaboración propia, basado en las encuestas aplicadas en SAPAC.

6.3 Síntesis e interpretación de encuestas

Entonces, se encontró que la gente considera que es importante el ahorro del agua en su colonia, tanto a través de la cultura de cada ciudadano respecto al cuidado del agua, pero

también a través de la intervención del organismo operador limitando el agua a los que más la consumen. En la pregunta de que el organismo les de agua por tandeo, la mayoría de usuarios comentaban que no es conveniente, y algunos comentaban que así es como se hace en sus colonias, (unos días les llega y otros no) por lo que, se observa que ya se tiene un rezago respecto al suministro de agua. En las preguntas de capturar el agua de lluvia, ya sea dentro de la casa o en las calles, por la escorrentía, las respuestas de los usuarios tienden a favor del aprovechamiento del agua de lluvia, por lo que la concientización de la gente al respecto de ocupar el agua de lluvia para ciertas actividades en casa o en la ciudad parece ser importante para el ahorro del agua en la ciudad. Respecto a la pregunta abierta, se obtuvo que la gran mayoría opina que se deben arreglar las fugas que se tienen en la ciudad, ya que varios de los usuarios encuestados ya habían reportado fugas en sus colonias, y a veces las atendían días después, por lo cual creen que darle mantenimiento al sistema beneficiaría para tener más agua.

6.4 Elección de AHP

La elección del Método Analítico Jerárquico (AHP) se debió a la formulación del planteamiento del problema que estamos abarcando en la tesis. Para conocer la percepción de la gente, de cómo es que ellos ahorrarían el agua que perciben como disponible. Para la aplicación del AHP en este caso se tomó en cuenta la priorización del ciudadano de Cuernavaca, respecto a cual él considera la mejor opción de uso de agua. El objetivo de la AHP es cuantificar las prioridades para un determinado conjunto de alternativas en una escala de razón, con base en el criterio de quien toma las decisiones, y hace hincapié en la importancia de los juicios intuitivos, así como la coherencia de la comparación de alternativas en el proceso de toma de decisiones (Kumar, 2011).

La AHP es ideal para la toma de decisiones de problemas colectivos complejos, ya que facilita la estructuración de la toma de decisiones, y de las actitudes y opiniones de los ciudadanos involucrados. Por ello, se pensó que AHP ayudaría en el análisis de las variables sociales que se quieren incluir, así como a estructurar la complejidad del problema y sintetizar las clasificaciones derivadas de su aplicación. Por lo tanto la AHP ha demostrado ser una metodología capaz de producir resultados que coincidan con las percepciones y las

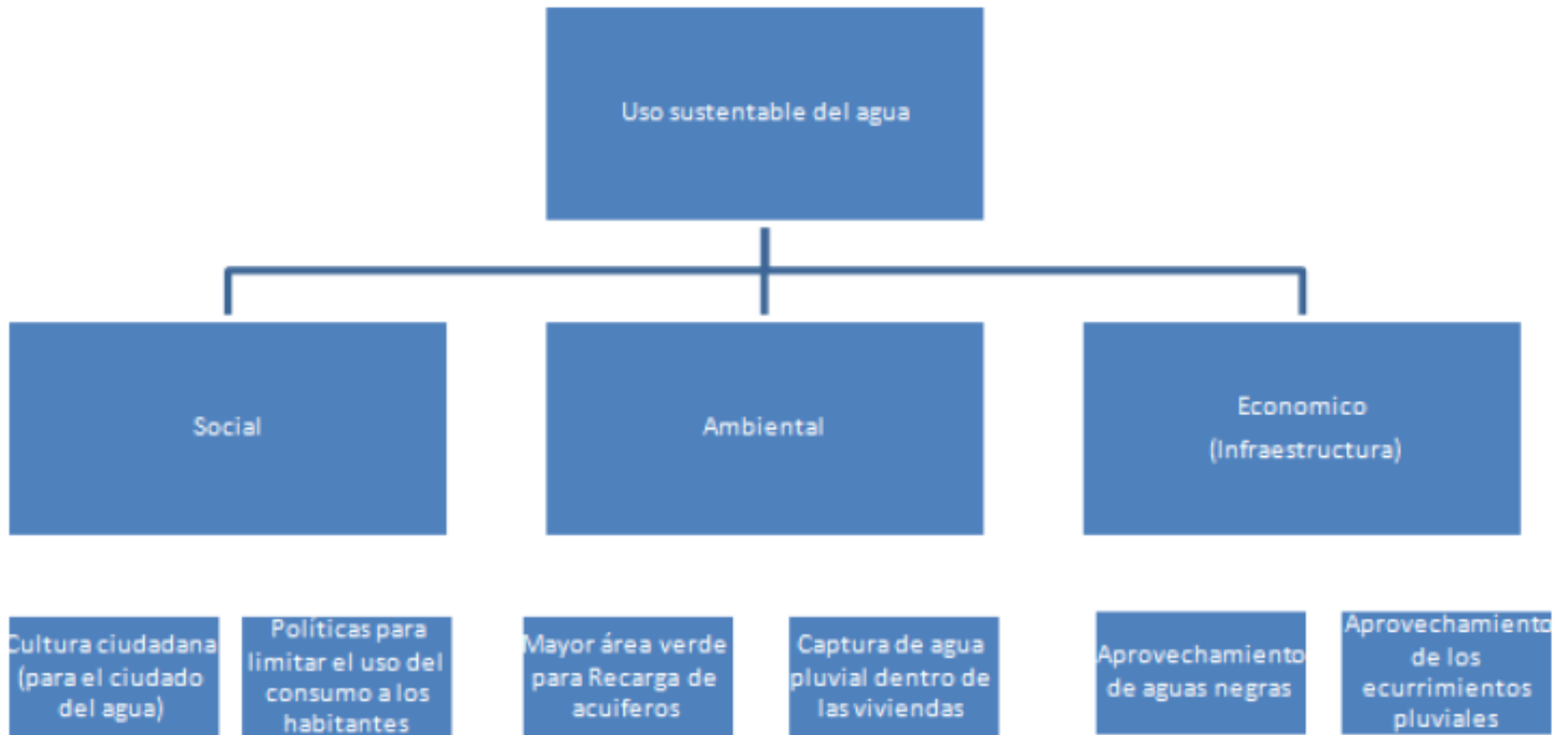
perspectivas de los ciudadanos, lo cual es precisamente lo que se quiso lograr para los ciudadanos de Cuernavaca.

El modelo AHP permitió tener un registro de la decisión, que puede ser revisado para posteriormente observar lo que es importante para la gente y lo que podría mejorarse para tomar mejores decisiones en el futuro y poder hacer un estudio más detallado, sobre lo que los ciudadanos consideran más importante. Al documentar plenamente todos los elementos del modelo puede defender sus decisiones y permitir que la gente tenga incidencia en lo que los tomadores de decisiones vayan a realizar al respecto. Es aquí donde se visualiza el Diseño Urbano Sensible al Agua, (Rodríguez, 2006) donde se reconocen los valores de la comunidad para informar sobre las decisiones que tienen respecto a las prácticas de gestión sustentable del agua.

6.5 Diagrama AHP

Para el caso del estudio de viabilidad social, se eligió la herramienta AHP tomando en cuenta que se desea obtener las percepciones de la población usuaria de los diversos sectores de la ciudad. El objetivo final sería la planeación para un ahorro significativo del recurso agua en la ciudad, mediante el uso sustentable de la misma, por medio de instrumentos como el uso del agua de lluvia (escorrentía) para usos suntuarios, siguiendo esquemas de metabolismo urbano, *retrofitting*, etc, propios de los modelos de Diseño Urbano Sensible al Agua (Novotny, 2010; Karvonene 2011). Así pues tomando en cuenta tres criterios, Social, Ambiental y Económico, se construyó el instrumento AHP (con formato de matriz, ver nota metodológica en el capítulo 3) con dos alternativas cada uno. Las alternativas presentan; medidas de gestión para cumplir el objetivo de ahorro del agua en cada uno de los tres criterios. Para el criterio social se utilizaron dos reactivos relacionados con: la cultura ciudadana para el cuidado del agua y posibles políticas para limitar el uso de agua a los habitantes. Para el criterio ambiental se consideraron: dos reactivos relacionados con una mayor área verde para recarga de acuíferos y la captura del agua pluvial dentro de las viviendas. Para el criterio económico se crearon dos reactivos, relacionados con el aprovechamiento de aguas negras y el aprovechamiento de los escurrimientos pluviales para usos suntuarios (ver figura 6.1).

Figura 6.1 Diagrama AHP para el Ahorro del Agua



Fuente : Elaboración propia, basada en Sánchez

Para su aplicación se utilizaron matrices de comparación, comparando seis medidas de gestión para el ahorro del agua entre sí, dándole opciones al usuario (de manera oral) para que el pudiera asignar sus prioridades en rangos numéricos (ver figura 6.1). El formato se aplicó invitando a los participantes a hacer la comparación de 6 criterios en términos de gestión y ahorro de agua y ordenarlos jerárquicamente, los cuales son los siguientes:

- 1) Fomentar una Cultura ciudadana para el cuidado del agua en tu colonia.
- 2) Limitar tu consumo de agua a partir de una nueva política del gobierno municipal de Cuernavaca.
- 3) Crear más áreas verdes para facilitar la recarga de acuíferos.
- 4) Capturar el agua de lluvia dentro de tu vivienda, para uso familiar.
- 5) Aprovechar las aguas negras tratadas que se generan en la ciudad de Cuernavaca (en riego de camellones y jardines, etc.)
- 6) Colectar el agua de lluvia que escurre por las calles de la ciudad para utilizarla en albercas y áreas verdes.

Estos reactivos se crearon tomando como base conceptos analizados previamente en la revisión de la literatura para el marco teórico de este trabajo de investigación, como: la cultura del agua por parte de cada ciudadano, la parte de la política de gobierno, la importancia de áreas verdes en la ciudad para el usuario, la captura de agua dentro de su casa y si es que la llevan a cabo, el aprovechamiento de las aguas negras en jardines públicos (cabe mencionar que SAPAC tiene una línea morada en una sola zona de Cuernavaca), y la recolección del agua de lluvia (escorrentía), para los predios de grandes áreas verdes y albercas (se quería conocer la aceptación o desaprobación de este último concepto especialmente ya que es el interés principal de este proyecto de investigación). Los reactivos son todos propuestas que se pueden implementar desde el usuario mismo, o por parte de los administradores públicos en turno. Lo cual permite de acuerdo a la opinión de los encuestados obtener la mejor decisión para poder ahorrar agua en la ciudad y así mismo poder mejorar la disponibilidad per cápita

Existen programas de *software* para la obtención de datos del AHP, de los cuales el más conocido es el *Expert Choice*, el cual asiste a los decisores organizando la información relacionada a la complejidad del problema en un modelo jerárquico consistente de un objetivo,

escenarios posibles, criterios y alternativas. Pero para este caso se utilizó Excel para realizar el análisis.

6.6 Aplicación de AHP

La aplicación tanto de las preguntas directas de la encuesta, así como la aplicación de la AHP, como se comentó antes, se realizó dentro del organismo operador de Cuernavaca, SAPAC; En un día hábil normal, durante el tiempo de espera en las filas de pago del servicio de agua, se aprovechó para preguntarle a las personas si tenía tiempo y estaba interesado en contestar algunas preguntas respecto al ahorro del agua en su colonia, a lo que algunos accedían y otros no. Para los que accedían se les leía las instrucciones de la primera parte, y posteriormente de la segunda, que correspondía a la herramienta AHP. En la aplicación de ésta última se presentaban más problemas debido a la complejidad de la AHP, pero la elaboración permitió en general aclarar las dudas que se fueron presentando. El facilitador/encuestador estuvo en todo momento presente para explicar la función de la herramienta, lo cual facilitó mucho el proceso. En general, la aplicación de la herramienta AHP se da en un contexto de más privacidad, en un ambiente más controlado, creado para experiencias de consulta ciudadana. En un contexto como este, se le entrega al participante la hoja de la matriz y se le invita a que la respondiera libremente, haciendo su comparación, sin límite de tiempo y sin la presencia directa de un facilitador, a menos que el participante la solicite. En el caso de esta aplicación en particular, y para agilizar el proceso, (con muy poca privacidad y ambiente propicio) el facilitador intervenía en el llenado individual (uno por turno) y le preguntaba al participante:

¿Qué medida de gestión para el ahorro del agua en su colonia es más importante para usted?

Luego el participante respondía a la pregunta con lo que él o ella consideraban más importante (comparando una con otra) y posteriormente se le preguntaba qué valor le asignaba sobre el anterior, a lo que ellos respondían, si era sólo más importante, o mucho más importante, incluso podrían contestar que ambas medidas de gestión tenían la misma importancia, y por lo tanto el encuestador le asignaba el valor a la hoja de las preguntas (ver tabla 6.2). Cabe resaltar que no había una selección expresa para elaborar el cuestionario y la AHP. La muestra se dio completamente al azar, con el usuario de SAPAC que estuviera disponible en el momento, haciendo fila para pagar su servicio (hay una base de alrededor de

100, 000 usuarios de SAPAC en Cuernavaca). Se tomaron en cuenta a personas mayores de edad, y en general a usuarios sin distinción de sexo o clase social.

A continuación se ejemplifica el modo de aplicación de una de las AHP aplicada a una mujer mayor de 50 años con grado de maestría, y su lugar de residencia es la colonia Acapanzingo. Se comenzó por leerle las instrucciones (ver anexo, Figura 2).

Expresa tu valoración asignando un valor (de izquierda a derecha) sobre la comparación de los siguientes criterios para el ahorro del agua en la ciudad de Cuernavaca, es decir; Si comparas el inciso A) Fomentar una cultura ciudadana para el cuidado del agua en tu colonia con el inciso c) Crear más áreas verdes para facilitar la recarga de acuíferos y crees Mucho más importante el inciso A) le asignas el número 5, (ver ejemplo Tabla 6.1).

Tabla 6.1 Ejemplo de aplicación, comparación de pares AHP

		a)	b)	c)
A)		1		5
B)			1	
c)				1

Fuente: Elaboración propia basado en Sánchez 2003

Tabla 6.2 Jerarquías para la comparación de pares AHP

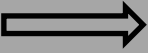
3= Más importante 5=Mucho más importante 7=Significativamente mucho más importante 9= Extremadamente más importante	1= Igual importancia	-3= Menos importante - 5=Mucho menos importante -7=Significativamente mucho más importante -9= Extremadamente menos importante
--	----------------------	---

Fuente: Elaboración propia basado en Sánchez 2003

Posteriormente empezaba la comparación por pares, y se le preguntaba al usuario: *¿Qué medida de gestión para el ahorro del agua en su colonia es más importante para usted?: Fomentar una cultura ciudadana para el cuidado del agua en su colonia o Limitar el consumo*

de agua a partir de una política del gobierno municipal de Cuernavaca. En este caso el usuario respondió que era más importante para ella, Limitar el Consumo a partir de una política de gobierno, y se le preguntó ¿Qué tanto más importante? a lo que consideró extremadamente más importante el fomentar la cultura ciudadana para el cuidado del agua. Por lo tanto se asignó el -9 dado que es extremadamente menos importante, considerando que empezábamos de lado izquierdo a derecho (ver tabla 6.3).

Tabla 6.3 AHP aplicada a usuario de SAPAC

Comparación de criterios (seleccionar importancias) 	Fomentar una Cultura ciudadana para el cuidado del agua en tu colonia.	Limitar tu consumo de agua a partir de una nueva política del gobierno municipal de Cuernavaca.	Crear más áreas verdes para facilitar la recarga de acuíferos	Capturar el agua de lluvia dentro de tu vivienda, para tu uso familiar.	Aprovechar las aguas negras que se generan en la ciudad de Cuernavaca (en riego de camellones y jardines, etc.)	Colectar el agua de lluvia que escurre por las calles de la ciudad para utilizarla en albercas y áreas verdes.
Fomentar una Cultura ciudadana para el cuidado del agua en tu colonia.	1	-9	-9	-9	3	-7
Limitar tu consumo de agua a partir de una nueva política del gobierno municipal de Cuernavaca.	9	1	-3	1	9	-7
Crear más áreas verdes para facilitar la Recarga de acuíferos	9	3	1	-7	9	-7
Capturar el agua de lluvia dentro de tu vivienda, para tu uso familiar.	9	1	7	1	7	9
Aprovechar las aguas negras que se generan en la ciudad de Cuernavaca (en riego de camellones y jardines, etc.)	-3	-9	-9	-7	1	1
Colectar el agua de lluvia que escurre por las calles de la ciudad para utilizarla en albercas y áreas verdes.	7	7	7	-9	1	1

Elaboración propia basada en Bushan 2004

Posteriormente se elabora la tabla de los resultados obtenidos de cada comparación por pares de cada usuario, respetando las fracciones como en la tabla 6.2 antes vista, que corresponde a la escala, de comparación por pares.

En este caso y siguiendo con el ejemplo de la primer tabla el usuario respondió que Fomentar una cultura ciudadana para el cuidado del agua en su colonia era *extremadamente menos importante* que Limitar el consumo de agua a partir de una nueva política del gobierno municipal de Cuernavaca, por lo que se le asigna de acuerdo con las fracciones de arriba $1/9 = 0.111$, y así mismo para todas y cada una de las comparaciones de las medidas de gestión (ver tabla 6.4).

Tabla 6.4 AHP aplicada a usuario de SAPAC

Comparación de criterios (seleccionar importancias)	Fomentar una Cultura ciudadana para el cuidado del agua en tu colonia.	Limitar tu consumo de agua a partir de una nueva política del gobierno municipal de Cuernavaca.	Crear más áreas verdes para facilitar la recarga de acuíferos	Capturar el agua de lluvia dentro de tu vivienda, para tu uso familiar.	Aprovechar las aguas negras que se generan en la ciudad de Cuernavaca (en riego de camellones y jardines, etc.)	Colectar el agua de lluvia que escurre por las calles de la ciudad para utilizarla en albercas y áreas verdes.
Fomentar una Cultura ciudadana para el cuidado del agua en tu colonia.	1	0.111	0.111	0.111	3	0.143
Limitar tu consumo de agua a partir de una nueva política del gobierno municipal de Cuernavaca.	9	1	0.333	1	9	0.143
Crear más áreas verdes para facilitar la Recarga de acuíferos	9	3	1	0.143	9	0.143
Capturar el agua de lluvia dentro de tu vivienda, para tu uso familiar.	9	1	7	1	7	9
Aprovechar las aguas negras que se generan en la ciudad de Cuernavaca (en riego de camellones y	0.333	0.111	0.111	0.143	1	1

jardines, etc.)						
Colectar el agua de lluvia que escurre por las calles de la ciudad para utilizarla en albercas y áreas verdes.	7	7	7	0.111	1	1
	35.333	12.222	15.556	2.508	30.000	11.429

Elaboración propia basada en Bushan 2004

Posteriormente cuando se tienen asignado todos los valores en las comparaciones, se suman en cada una de las columnas, un ejemplo en este caso es la columna b): $0.111 + 1 + 3 + 1 + 0.111 + 7 = 12.222$ (ver tabla 6.4). Una vez hecha la suma en cada una de las columnas, se procede que a cada sumatoria se le divida entre el total, ejemplo: $0.111/12.222 = 0.009$ (ver tabla 5.5). Y por último se suma en forma horizontal todas las filas y se dividen entre el número de columnas, en este caso ponemos un ejemplo por filas

a) $0.028 + 0.009 + 0.007 + 0.044 + 0.100 + 0.013 = 0.201/6 = 0.034$

b) $0.255 + 0.082 + 0.021 + 0.039 + 0.030 + 0.013 = 1.069/6 = 0.178$

c) $0.255 + 0.082 + 0.450 + 0.399 + 0.233 + 0.788 = 0.934/6 = 0.156$

d) $0.255 + 0.082 + 0.450 + 0.399 + 0.233 + 0.788 = 2.206/6 = 0.368$

Tabla 5.5 Tabla AHP aplicada a usuario de SAPAC

	Fomentar una Cultura ciudadana para el cuidado del agua en tu colonia.	Limitar tu consumo de agua a partir de una nueva política del gobierno municipal de Cuernavaca.	Crear más áreas verdes para facilitar la recarga de acuíferos	Capturar el agua de lluvia dentro de tu vivienda, para tu uso familiar.	Aprovechar las aguas negras que se generan en la ciudad de Cuernavaca (en riego de camellones y jardines, etc.)	Colectar el agua de lluvia que escurre por las calles de la ciudad para utilizarla en albercas y áreas verdes.
Fomentar una Cultura ciudadana para el cuidado del agua en tu colonia.	0.028	0.009	0.007	0.044	0.100	0.013
Limitar tu consumo de agua a partir de una nueva política del gobierno municipal de Cuernavaca.	0.255	0.082	0.021	0.399	0.300	0.013
Crear más áreas verdes para facilitar la Recarga de acuíferos	0.255	0.245	0.064	0.057	0.300	0.013
Capturar el agua de lluvia dentro de tu vivienda, para tu uso familiar.	0.255	0.082	0.450	0.399	0.233	0.788
Aprovechar las aguas negras que se generan en la ciudad de Cuernavaca (en riego de camellones y jardines, etc.)	0.009	0.009	0.007	0.057	0.033	0.088

Colectar el agua de lluvia que escurre por las calles de la ciudad para utilizarla en albercas y áreas verdes.	0.198	0.573	0.450	0.044	0.033	0.088
--	-------	-------	-------	-------	-------	-------

Elaboración propia basada en Bushan 2004

$$e) 0.009 + 0.009 + 0.007 + 0.057 + 0.033 + 0.088 = 0.203/6 = 0.034$$

$$f) 0.198 + 0.573 + 0.045 + 0.044 + 0.033 + 0.088 = 1.386/6 = 0.231$$

Total= 1.00

La suma del total de todos debe dar un entero (1) o puede ser un 100% pero en este caso lo se realizó con el número entero. Con el ejemplo de este usuario se permite conocer lo que el usuario cree conveniente para ahorrar el agua, desde su percepción asignando jerarquías y comparando medidas de gestión, se puede decir que al criterio con mayor peso de los tres (Social, Económico y Ambiental) es éste último, y dentro de las alternativas por el ahorro del agua la medida de gestión más conveniente considerada por el usuario es el de: *Capturar el agua de lluvia dentro de la vivienda para uso familiar* (tabla 6.5).

Dentro de los 101 usuarios que accedieron a usar el AHP nos encontramos con que sólo un 10% era de las colonias de usos de suelo con baja densidad poblacional (altos ingresos) y es donde queremos realizar el estudio. La gran mayoría de esta población (un 45%) cree que el criterio ambiental es el factor principal, y de la medida de gestión es la de c) Crear más áreas verdes para la recarga de los acuíferos.

Del resto de las colonias podemos encontrar que aproximadamente un (35 %) son de preferencia respecto a lo Ambiental, con la medida de gestión que creen más conveniente para el ahorro del agua es la c) Crear más áreas verdes para facilitar la Recarga de Acuíferos. El segundo criterio más importante es lo social con un (32 %) aproximadamente y la medida de gestión más importante es la a) Fomentar una Cultura ciudadana para el cuidado del agua en tu colonia, y por último encontramos lo económico, con un (28 %) y la medida de gestión

ligeramente más importante es la f) Colectar el agua de lluvia que escurre por las calles de la ciudad para utilizarla en albercas y áreas verdes (ver tabla 6.6 y anexo 3).

Entonces se puede concluir que el criterio más importante para los usuarios de SAPAC participantes de la aplicación AHP se inclina por lo Ambiental, más que por lo Social o lo Económico . Es decir que haya beneficios, como más áreas verdes, lo que repercutiría en un beneficio al ambiente al igual que al acuífero, aparte de aprovechar el agua de lluvia en la propia casa para uso familiar, así se usaría menos agua de acuífero.

En lo que respecta al grado de estudio de los participantes, encontramos que 45 tienen una licenciatura, Ingeniería, universidad, o maestría. Para ellos el criterio más importante es también lo ambiental, seguido por el social, como la cultura del agua. Por otro lado para los participantes con el grado de preparatoria, que son 29; lo más importante es el criterio social, sobre la cultura del cuidado del agua, seguido de lo económico, en construir infraestructura, para el aprovechamiento de las aguas negras, y la captura de los escurrimientos pluviales. Y por último, los participantes con el grado de primaria o secundaria la mayoría se inclina por lo ambiental, sobre todo con la medida de gestión de más áreas verdes para la recarga de los acuíferos, seguido de lo social, con la cultura del cuidado del agua.

El 60 por ciento de los participantes fueron del Sexo Femenino, de las cuales el 40 por ciento se inclinan por lo social, y la gestión de la cultura del cuidado del agua, seguido por el criterio económico, mientras que los hombres se inclinan más por lo ambiental, con más áreas verdes para recarga de acuíferos, seguido por el criterio social, de la cultura ciudadana para el cuidado del agua. El 39 por ciento de los participantes fue de la edad de 30 a 50 años donde se asignaba la letra y número E1 para los participantes de 18 a 30 años, E2 entre 30 y 50 años, y por último la E3 para participantes mayores de 50 años de edad (ver tabla 5.6 y anexo 3).

Tabla 6.6 Ejemplo de resultados del AHP aplicado a los usuarios (tabla completa en anexo 3)

					Social		Ambiental		Económico		
	Colonia	Estudios	Sexo	Edad	a)	b)	c)	d)	e)	f)	
1	La cañada	Lic.	F	E1	0.356	0.172	0.198	0.131	0.051	0.092	1
2	Carolina	Lic.	F	E1	0.522	0.031	0.260	0.072	0.058	0.058	1
3	Amp. Laz. Card.	Sec	F	E1	0.038	0.027	0.238	0.078	0.404	0.215	1
4	Granjas	Prepa	F	E1	0.293	0.198	0.187	0.273	0.022	0.027	1
5	Teopanzolco	Prim	F	E3	0.174	0.084	0.414	0.155	0.047	0.127	1
6	Acapanzingo	Lic.	F	E2	0.473	0.021	0.242	0.107	0.104	0.052	1
7	Chapultepec	Lic.	F	E2	0.157	0.020	0.126	0.053	0.447	0.197	1
8	Lázaro Card.	Prepa	F	E2	0.304	0.047	0.067	0.284	0.171	0.128	1
9	Empleado	Prepa	F	E1	0.357	0.045	0.209	0.123	0.140	0.126	1
10	Pilares	Lic.	M	E3	0.467	0.141	0.225	0.094	0.020	0.053	1
11	Plan Ayala	Lic.	M	E3	0.190	0.017	0.311	0.196	0.151	0.136	1
12	Amatitlán	Sec	F	E3	0.571	0.041	0.139	0.033	0.127	0.090	1
13	Centro	Uni	F	E2	0.164	0.071	0.243	0.181	0.254	0.087	1
14	Flores M	Prepa	M	E1	0.245	0.032	0.142	0.245	0.183	0.153	
15	Palmas	Lic.	M	E3	0.058	0.016	0.388	0.246	0.048	0.244	1
16	Quintana Roo	Prepa	F	E2	0.143	0.074	0.205	0.052	0.301	0.226	1
17	Amatitlán	Lic.	F	E2	0.214	0.051	0.237	0.217	0.035	0.246	1
18	Lázaro Cárdenas	Lic.	F	E1	0.080	0.028	0.146	0.322	0.174	0.251	1
19	San Antón	Lic.	F	E1	0.281	0.036	0.151	0.233	0.112	0.187	1
20	Satélite	Lic.	F	E2	0.208	0.117	0.369	0.119	0.098	0.088	1
21											
22	Águilas	Lic.	M	E1	0.220	0.044	0.101	0.343	0.098	0.193	1
23	Pradera	Uni	F	E2	0.233	0.056	0.022	0.223	0.233	0.233	1
24	Centro	Uni	F	E1	0.044	0.040	0.369	0.036	0.216	0.295	1
25	Carolina	Maestría	F	E3	0.064	0.012	0.296	0.180	0.196	0.253	1

Elaboración propia basada en Bushan 2004

Los participantes son de colonias populares, es decir de usos de suelo de densidad alta, estos tienen un grado de estudio medio y superior, y la percepción de ellos respecto al ahorro del agua en su colonia por medida de gestión, sería tener programas de cultura, donde a la población se le explique la problemática que se tiene actualmente con el agua a nivel local, regional o global. La ciudadanía tiene en cuenta que la ciudad crece y que por uno mismo se puede tener el cuidado del agua, o también implementando programas ya sea por parte del gobierno recuperando espacios para área verde, o implementando infraestructura para aprovechar los escurrimientos pluviales, o la reutilización de las aguas negras tratadas.

El objetivo de este ejercicio de AHP es hacer una primera aproximación a través de una técnica multi-criterio que responde en una mayor medida a la vocación de participación pública y flexibilidad de la estimación de las preferencias sociales relativas a la gestión del agua para el caso de Cuernavaca. Esto supone una primera prueba que podrá servir de input a la legitimación de las medidas propuestas.

6.7 Entrevistas

Respecto a las *entrevistas* realizadas, fueron dos mujeres entre la edad de 25 a 35 años, las cuales viven en zonas de baja densidad. La primera vive en el Fraccionamiento Chapultepec, tiene licenciatura, ella se inclinaba por los criterios económicos, y la medida de aprovechar las aguas negras para el *riego de los camellones y jardines dentro de la ciudad*. Al igual opinaba que *capturar el agua de lluvia en el techo de su vivienda* sería una buena forma de ahorrar el agua dependiendo directamente de ella. Pero por otro lado comentaba que de parte de SAPAC le parecía adecuada la medida de que controlara el consumo, limitando el consumo de agua a los que más gastan ya que se tendría un control de lo que se hace con el agua y no se desperdiciaría. Comentaba que a ella para el ahorro del agua, se le ocurría comprar bidones para que cuando aspiraran su alberca, almacenar el agua que le sacan en bidones, para posteriormente utilizarla para los baños, lavar el carro o regar el jardín. También comentaba que la limpieza a la alberca se hacía dos veces por semana dejando conectada la manguera toda la noche para volver a llenar la alberca y llegar a su nivel después del aspirado, y una vez al año la vacían para lavarla, el agua la tiran al desagüe ya que sólo ocupan una parte para regar el jardín (Gómez, entrevista, 2014).

Por otro lado la segunda mujer entrevistada vive en Buena Vista, cuenta con una licenciatura, ella se inclina por lo cultural, ella cree que *Fomentar una cultura para el cuidado de agua en su colonia* es la base para ahorrar agua, Al igual comenta que es muy conveniente capturar el agua de lluvia dentro de la casa y conveniente *aprovechar el agua de lluvia que corre por las calles de Cuernavaca, para regar los jardines y camellones públicos*. Comenta que en su casa se limpia la alberca una vez al mes y cuando se usa regularmente una vez cada 15 días, y sólo una vez se había vaciado completamente enviándola directamente al desagüe (Sánchez, entrevista, 2014).

Por lo tanto del resultado de las entrevistas hechas es que la primer mujer tiene conocimiento de la cantidad de agua que gastan en la alberca y muchas veces va a dar al desagüe, por lo que comenta que le preocupa el líquido que se desperdicia ya que hay zonas donde la gente no tiene agua, por lo tanto pensaba almacenarla para posteriormente usarla en usos suntuarios.

Mientras tanto la segunda mujer creía que el agua de lluvia se podría utilizar para la alberca ya que de todos modos se limpia constantemente y se vierten químicas dentro del agua, por lo tanto cree que el agua de lluvia con un pre filtrado podría usarse para la alberca sin ningún problema. Por ello, la captura de agua de lluvia para darle un uso en usos suntuarios, se tiene pensado en estas dos personas, su cultura del cuidado del agua se ve reflejada en las propuestas que presentaron.

Por último en lo jurídico, se indican las limitantes u oportunidades que se presentarían de llevarse a cabo el proyecto, debido a la ley federal, estatal y municipal, así como el programa de desarrollo urbano local.

Para elaborar esta dimensión se realizó la revisión a fondo de los siguientes documentos: el Plan Municipal de Desarrollo (PMD), donde observamos hacia donde se dirige el gobierno en turno de la ciudad, Ley Aguas Nacionales (LAN), la Ley Estatal de Agua Potable de Morelos, así como el Acuerdo que crea el Sistema de Agua Potable y Alcantarillado del municipio de Cuernavaca y el Reglamento interior de SAPAC y por último la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA). Se verificó a través de la dependencia y las leyes, quién tendría la facultad de operar el proyecto de infraestructura para los escurrimientos urbanos, así como si en las leyes existía una limitante respecto al usar el agua de lluvia. En esta sección se incluyen muchos fragmentos extraídos tal cual de sus respectivos documentos oficiales.

7.1 Plan Municipal de Desarrollo de Cuernavaca 2012-2015

Dentro de los ejes rectores del PMD²⁵ se encuentra el: “*Cuernavaca Verde y Sustentable*”. Internacionalmente se reconoce a Cuernavaca como “La Ciudad de la eterna primavera”, por su privilegiado clima y los recursos naturales con que cuenta, por lo tanto el gobierno en turno pretende realizar acciones para recuperar este posicionamiento; en él se fomenta; el respeto del ambiente donde pretende trabajar en el ordenamiento territorial y ecológico, en la gestión del desarrollo sustentable, en el impulso a la cultura del agua, en el fortalecimiento comercial, en la sustentabilidad técnica del agua y en la eficiencia administrativa y operativa para el manejo eficiente del agua (PMD 2012).

Entre sus objetivos tiene fomentar e impulsar las políticas públicas de infraestructura urbana y rural, así como del desarrollo sustentable; entre sus estrategias generales está el realizar el

²⁵Plan Municipal de Desarrollo 2012-2015

aprovechamiento racional, óptimo y sustentable de los recursos de que se dispone el Gobierno Municipal. Desde la Secretaría de Desarrollo Sustentable se busca aplicar las políticas públicas que respeten la legalidad, y fortalezcan en la sociedad, la cultura de desarrollo sustentable mediante educación, y los valores ambientales, protección, conservación y restauración del entorno ecológico del municipio de Cuernavaca

El propósito del gobierno en turno es facilitar la gestión ambiental, a través del conjunto de principios, objetivos, y marco legal e institucional, áreas de política, programas de educación ambiental de barrancas, y la creación de áreas naturales protegidas municipales con el enfoque de desarrollo sustentable que garantice la calidad de vida de los habitantes de Cuernavaca. Busca crear un proceso de educación ambiental en los recintos escolares, y nuevas tecnologías que permitan comprobar en los hechos los beneficios de sumarse al proceso de sustentabilidad. Sobre los permisos y licencias, se disminuirán los requisitos y tiempos. Además de que el marco reglamentario incluye los objetivos mínimos de sustentabilidad urbana.

Dentro del *programa desarrollo sustentable*, las políticas públicas de carácter global se busca instrumentar el programa de estímulos fiscales aplicables en el caso de obras nuevas, cuando en éstas se considere el ahorro y uso eficiente del agua, el tratamiento de aguas residuales y su reusó así como en obras ya existentes que sustituyan infraestructura hidráulica y sanitaria para este mismo fin. También se pretende implementar convenios de concertación con instituciones de educación superior, centros de investigación, instituciones del sector social y privado, investigadores y especialistas en la materia para fomentar investigaciones científicas, para, propiciar el aprovechamiento integral de los recursos y proteger los ecosistemas. Por otro lado se busca promover e implementar proyectos de recuperación integral de acuíferos, su recarga y saneamiento (PMD 2012: 197).

En las *políticas públicas de carácter sectorial* se plantea, en coordinación con el O.O²⁶: a) Desarrollar programas de orientación a los usuarios, con el objeto de preservar la calidad del agua y propiciar su aprovechamiento racional; b) Promover la celebración de convenios con instituciones nacionales e internacionales de educación superior, para promover el diseño de sistemas de riego sustentables; c) Establecer programas de capacitación, en forma paralela a la construcción de obras hidráulicas, con el fin de lograr un mejor aprovechamiento de las

²⁶Organismo Operador

mismas. Además el Reglamento de Zonificación debe marcar las pautas sobre la administración de uso del suelo a través de la unidad administrativa competente. La normatividad urbana y el marco reglamentario deben contener los objetivos mínimos de sustentabilidad urbana (PMD 2012: 200-201).

Para el Ordenamiento Territorial y Ecológico (OTyE) de Cuernavaca implica trabajar en el diseño y aplicación del Reglamento Urbano Ambiental, que alinee la normatividad en la materia y fundamente la obligatoriedad de un único instrumento de planeación sustentable. Asimismo es necesario coordinar acciones con el gobierno del estado al igual que el congreso, a efecto de dar viabilidad jurídica y congruencia al proyecto de Código Urbano Ambiental, homologando las normas y procedimientos.

Dentro de sus objetivos del OTyE está el responder y dar soluciones urbanas o arquitectónicas a las peticiones de desarrollo urbano, ordenamiento ecológico y obra pública que beneficien a la ciudadanía de manera eficiente y oportuna. Y sus estrategias, son analizar las reglas de operación de fuentes posibles de financiamiento para la tramitación y obtención de recursos para la elaboración de expedientes técnicos y proyectos ejecutivos, necesarios para un desarrollo integral y sustentable; Además de desarrollar sistemas de información automatizados y cartográficos para optimizar su funcionalidad, al igual que implementar tecnologías, diseños y construcción orientados hacia del desarrollo sustentable (PMD 2012: 208).

Respecto a la *Gestión del Desarrollo Sustentable*, sus objetivos son: la sustentabilidad de los manantiales, la preservación de los bosques, el manejo de la cuenca, cuidado y limpieza de barrancas, entre otros. Además el municipio tiene un programa: “*Agua Potable Suficiente para todos*”, en cuyo análisis estratégico de situación externa en las oportunidades está: Buscar mejores alternativas para la obtención de fuentes de abastecimiento, e interactuar con la sociedad en el cuidado del agua y del medio ambiente. Entre las *amenazas* se encuentra la demanda del servicio de agua potable la cual va en incremento. Cada vez es menor disponibilidad del líquido en los mantos freáticos, además del elevado costo de energía eléctrica para la extracción del líquido es una limitante para la prestación de servicios, y también existe en el municipio, una endeble cultura del cuidado del agua.

En las prospectivas del desarrollo de carácter sectorial, el gobierno pretende trabajar en la realización de acciones y obras que mejoren el ambiente, con la finalidad de estar a la vanguardia de la tecnología en la extracción, conducción, almacenamiento, regulación y distribución del agua, debido a los cambios en los mantos freáticos. En lo que respecta a los servicios públicos se pretende trabajar en la gestión de la perforación de nuevos pozos de agua y la ampliación o construcción de nuevos pozos a tanques (PMD 2012).

Entre los objetivos generales del PMD está el difundir y fortalecer la cultura del cuidado del agua, además de sancionar a las personas que hagan mal uso y desperdicien el agua. También hacer llegar a todos los hogares del municipio de agua potable que requieren los habitantes. Y para ello las estrategias que pretenden realizar son: Tomar agua de fuentes abundantes que presenten pocos problemas por obsolescencia y costo de mantenimiento, para transferirla a las zonas con déficit. También implementar un programa de detención y corrección de fugas, mantenimiento y balanceo de redes de agua potable y de drenaje. Por último, fomentar la participación ciudadana y fortalecer el sistema comercial de SAPAC con el objetivo de hacer sustentable y sostenible financieramente al organismo operador.

Dentro del PMD se comenta el Plan Nacional de Desarrollo (PND), a través de su eje 4 “Sustentabilidad Ambiental”, el cual plantea la estrategia de incentivar una cultura del agua que privilegie el ahorro y uso racional de la misma en el ámbito doméstico, industrial y agrícola. Para lo anterior, el Programa Nacional Hídrico establece en el objetivo 5 “Consolidar la participación de los usuarios y la sociedad organizada en el manejo del agua y promover la cultura del buen uso”, algunas de sus estrategias son:

Crear conciencia entre la población sobre la necesidad del pago y uso responsable y eficiente del agua.

Informar oportuna y eficazmente a la población sobre la escasez del agua, los costos de proveerla, su uso responsable y su valor económico, sanitario, social y ambiental.

Impulsar programas de educación y comunicación para promover la cultura del agua.

Impulsar el desarrollo institucional de las dependencias y organismos que participan en el manejo del agua (ibídem).

El objetivo sería consolidar la participación de los usuarios, la sociedad organizada y los ciudadanos en el manejo del agua y promover la cultura de su buen uso. Entre sus estrategias están, las pláticas escolares, así como comunitarias, visitas a la sala interactiva del agua, o al manantial del Túnel, y la realización de talleres de capacitación.

En su apartado de *Sustentabilidad Técnica del Agua*, el PND donde se comenta que para contar con un sistema eficiente se requiere tener los elementos que permitan cuantificar, medir y controlar los recursos disponibles. Por tal razón, será necesario, conocer mediante datos actualizados las características de los pozos de abastecimiento, los sistemas de conducción y distribución y que las ampliaciones y mejoras al sistema sean de manera ordenada y con el máximo beneficio para los usuarios por la inversión ejercida. Entre sus objetivos del PND esta, el generar proyectos de infraestructura y alcantarillado, bajar recursos de diferentes dependencias Federales y Estatales para llevar a cabo las obras de infraestructura hidráulica y de alcantarillado que la población demande.

Con este programa que tiene el gobierno de Cuernavaca, el presente proyecto de investigación sobre el aprovechamiento de los escurrimientos urbanos convergen como una alternativa para las fuentes de abastecimiento e interactúa a través del AHP con la sociedad para conocer su opinión respecto a los ahorros del agua. Además de sustituir el agua potable, para usos suntuarios, lo que incrementaría la disponibilidad per cápita por habitante, se disminuiría el costo de la energía eléctrica ya que la distribución del agua de los escurrimientos sería por gravedad, del depósito de almacenamiento hacia su destino.

Por otro lado antes de trabajar en las perforaciones de nuevos pozos para el abastecimiento de agua, podrían dejar de extraer agua potable, cambiándola por el agua de los escurrimientos para usos suntuarios, y el agua potable serviría para las zonas donde haga falta el suministro. Además el proyecto de investigación se inserta dentro del PND donde comenta el generar proyectos de infraestructura y bajar recursos, federales y estatales para llevarse a cabo las obras.

7.2 Reglamento Interior del Sistema de Agua Potable y Alcantarillado

Dentro del acuerdo y reglamento interior del Sistema de Agua Potable y Alcantarillado del Municipio de Cuernavaca, encontramos diversas fracciones que están vinculadas con el proyecto de la tesis, los cuales en el acuerdo del SAPAC encontramos:

XI. Realizar por sí o por terceros las obras para agua potable y alcantarillado de la jurisdicción del municipio de Cuernavaca, y recibir las que se construyan en el mismo;

XVII. Promover programas de agua potable y de uso racional del líquido;

XXIV. Dictaminar, previa supervisión, sobre los proyectos de factibilidad de agua potable y saneamiento en los fraccionamientos, condominios, conjuntos habitacionales y plazas comerciales que se pretenda construir dentro de su jurisdicción;

XXV. Supervisar y autorizar la construcción de la infraestructura hidráulica en los fraccionamientos, condominios, conjuntos habitacionales y plazas comerciales que se pretendan construir dentro de su jurisdicción

Para el financiamiento se encontró dentro del artículo 9, el cual es la junta de gobierno, para el cumplimiento de los objetivos del organismo, tendrá las más amplias facultades de dominio, administración y representación que requieran de poder o cláusula especial conforme a la ley, así como las siguientes atribuciones:

VIII. Autorizar la contratación de los créditos que sean necesarios para la prestación de los servicios y realización de las obras;

X. Aprobar los proyectos de inversión del organismo; examinar y aprobar, para su presentación al cabildo, los presupuestos anuales, estados financieros y los informes que deba presentar el director general, previo conocimiento del informe del comisario, así como ordenar su publicación;

Y dentro del *Reglamento* de SAPAC encontramos las siguientes fracciones, dentro del artículo 17, el cual corresponde a la Dirección de Operación el ejercicio de las siguientes atribuciones:

IV.- Formular estudios y proyectos destinados a dotar, ampliar y mejorar el servicio de agua potable y saneamiento en beneficio del Municipio de Cuernavaca;

IX.- Proponer las acciones relativas a la planeación y programación hidráulica para solventar la época de estiaje;

XI.- Elaborar estudios y proyectos geológicos e hidrológicos para la realización de obras de captación y rehabilitación de fuentes de abastecimiento de agua;

Por lo cual, bien encajan cada una de las fracciones para la elaboración del proyecto como el que se propone en la presente tesis. Previo a la realización del proyecto, se tiene que examinar y probar por parte del O.O y luego presentarlo a cabildo. Pero no cumple como un proyecto a dotar de agua no potable, pero al haber la sustitución se mejora la disponibilidad de agua potable. Además de que son proyectos de captación y rehabilitación de las fuentes ya que lo que no se extraería de los pozos debido al uso de la escorrentía, se podría aprovechar en la época de estiaje.

7.3 Ley Estatal de Agua de Agua Potable del Estado de Morelos

Dentro de la Ley Estatal de Agua Potable de Morelos (LEAPM) en el *Artículo 4* fracciones V y XVII encontramos, que al Ayuntamiento u Organismo operador, corresponde:

Ordenar y ejecutar la suspensión del servicio, previa su limitación en el caso de uso doméstico, por falta reiterada de pago, así como en los demás casos que se señalan en la presente Ley; además de promover programas de agua potable y de uso racional del líquido (LEAP 2001).

En el segundo capítulo (el cual se trata del Sistema de conservación, Agua potable y Saneamiento del Estado), dentro del *Artículo 5: Se declara de interés público el establecimiento, conservación, operación y desarrollo del Sistema de Conservación, Agua Potable y Saneamiento de Agua del Estado*, y las fracciones II y III comprenden:

“II.- La planeación y programación de los subsistemas de conservación de agua en el Estado, promoviendo la infiltración y la retención del líquido, así como el control de los desechos líquidos y sólidos;”

“III.- La conservación de fuentes de captación de agua y de las reservas hidrológicas del Estado, de conformidad con los convenios que se celebren o se hayan celebrado con las autoridades federales.”

“El Artículo 6 comenta que el Estado y los Ayuntamientos, deberán coordinarse para su participación y desarrollo de Sistema de Conservación, Agua Potable y Saneamiento de Agua del Estado”. Y también coordinarse con autoridades federales competentes, para el efecto de que el Sistema de Conservación, Agua Potable y Saneamiento de Agua del Estado, tome en consideración los lineamientos emanados del Sistema Nacional de Planeación Democrática, así como para que el Gobierno Federal proporcione la asistencia técnica que se le solicite en los proyectos de las obras de conservación, agua potable y saneamiento que pretendan ejecutar, a fin de asegurar la compatibilidad de los sitios de entrega y recepción del agua en bloque, la eficiencia de la operación de las obras y el mejor aprovechamiento del agua, así como para el ejercicio de las atribuciones que les corresponda en términos de Ley (LEAP 2001: 7).

Dentro del Artículo 10 en las fracciones I a V; Se declara de utilidad pública dentro del Sistema de Agua Potable y Saneamiento del Estado: La planeación construcción, administración y recuperación de obras y servicios necesarios para los sistemas de captación, conducción, almacenamiento y distribución de agua potable. Al igual que la adquisición utilización y aprovechamiento de obras hidráulicas y bienes de propiedad privada cuando se requiera, para la eficiente operación de los sistemas de captación, conducción, almacenamiento y distribución de agua potable y saneamiento (LEAP 2001: 9-10).

Por otro lado también es de utilidad pública la regulación, captación, conducción, potabilización, desalación, fluorización, almacenamiento y distribución del agua, así como la prevención y control de la contaminación de las aguas residuales. Como también se podrá contar con la adquisición de los bienes e inmuebles, que sean necesarios para la construcción, ampliación, rehabilitación, conservación, mantenimiento, operación y el desarrollo de los

sistemas de agua potable y saneamiento, incluyendo las instalaciones conexas como son caminos de acceso y zonas de protección.

En los casos de utilidad pública y para los efectos del artículo 10, los Ayuntamientos respectivos promoverán la expropiación de los bienes de propiedad privada y la ocupación temporal, total o parcial de los bienes de los particulares; asimismo, el Ejecutivo del Estado por sí, o como consecuencia de la promoción del Ayuntamiento correspondiente, expedirá el Acuerdo de Expropiación o de Ocupación Temporal; estos actos de autoridad deberán estar debidamente fundados y motivados, sujetándose a la Ley sobre la materia.

Por lo tanto siempre y cuando un proyecto sea de utilidad pública, para la captación, conducción, almacenamiento y distribución de agua, podrá el ayuntamiento expropiar predios, en el caso de este proyecto se pretende utilizar los camellones de las avenidas y espacios públicos para instalar los colectores y almacenamientos de los escurrimientos pluviales, por lo que no se tendría que expropiar algún predio, sólo las instalaciones conexas serias sobre las calles donde se distribuya el agua para usos suntuarios.

Dentro del artículo 11 de la Ley observamos, que los usuarios de los servicios de conservación, agua potable y saneamiento de agua, podrán participar, en los sistemas de agua potable, en su programación, administración, operación supervisión o vigilancia de los sistemas hidráulicos. Estos serán los órganos consultivos del gobierno, o grupos organizados de usuarios del sector social, así como particulares o empresas a las que pueda otorgarse en concesión o con las que se celebren contratos para construir y operar sistemas.

Es entonces que en el artículo 12 se observa que los servicios estarán a cargo del ayuntamiento, O.O u el organismo de administración pública estatal encargados del ramo de agua potable y medio ambiente, o bien concesionarse a terceros, total o parcialmente, como lo comenta el artículo 43, el cual se observa más adelante. El articulo *21 es la Junta de gobierno la que se encargara del cumplimiento de los objetivos, establecerá los lineamientos y políticas en la materia, las normas y criterios, como deberán prestarse los servicios y realización de

obras. Además de que resolverá los asuntos en materia de conservación de agua potable y saneamiento, que someta a consideración el director general (LEAP 2001: 14).

Además la Junta de Gobierno se encargará de contratar los créditos que sean necesarios para la prestación de los servicios y realización de obras. También de aprobar los proyectos de inversión del O.O, examinar y aprobar, para su presentación a Cabildo, los presupuestos anuales, estados financieros e informes que se presenten al Director General, con el previo conocimiento del comisario, y ordenar su publicación. Por lo que el Director General del organismo operador, de acuerdo al artículo *26, tiene entre sus atribuciones: elaborar los programas financieros y presupuestos anuales, así como los informes de la labores del organismo y someterlos a la aprobación de la junta de Gobierno.

Por lo que se encontro en estos artículos, el director general será el encargado de aprobar los proyectos propuestos por la junta de gobierno, pero él es el encargado en los asuntos de la conservación del agua y saneamiento, por lo que en primer instancia un proyecto como el de la tesis tendrá que proponerse o hablarse con el Director General del O.O para que pudiese ser un proyecto tomado en cuenta para la conservación del agua potable, como un proyecto sustentable, en los ahorros de energía y agua potable sustituida por agua de escurrimientos para usos suntuarios.

El capítulo cuarto de la Ley corresponde: a las facultades de la Secretaria de Desarrollo Ambiental, y de acuerdo con el artículo 34, *“corresponde al organismo de la administración pública estatal encargado del ramo de agua potable y medio ambiente en sus fracciones”* XI, XIII y XVII: Promover el establecimiento y las normas, en lo referente a la realización de obras y la construcción, operación, administración conservación y mantenimiento de los sistemas de captación y conservación y distribución de agua potable, conducción, almacenamiento, al igual que el saneamiento, incluyendo el alcantarillado. También desarrollar programas de orientación a los usuarios, con el objetivo de preservar la calidad del agua y propiciar su aprovechamiento racional (LEAP 2001: 22).

7.3.1 Concesiones a sectores sociales o privados LEAP.

Una solución posible para administrarse los escurrimientos pluviales sería por concesión, que de acuerdo con la LAN se define como:

“Título que otorga el Ejecutivo Federal, a través de “la Comisión” o del Organismo de Cuenca que corresponda, conforme a sus respectivas competencias, para la explotación, uso o aprovechamiento de las aguas nacionales, y de sus bienes públicos inherentes, a las personas físicas o morales de carácter público y privado, excepto los títulos de asignación”

Las concesiones se describen en el artículo *41 en la LEAP en las fracciones I a V y podrían ser por parte de sectores privados o sociales, a través de personas físicas, grupos organizados o usuarios, personas jurídicas legalmente constituidas en:

I) La obra de infraestructura hidráulica, construcción, readaptación y mantenimiento total o parcial de los sistemas, II) Prestación de los servicios públicos. III) La captación, desalojo, tratamiento de aguas residuales y el manejo de lodos. IV) Servicio, conducción, agua potable, suministro, distribución o transporte de agua que se preste al público. V) Lo cual convengan con los ayuntamientos u organismos operadores, o la secretaria de Desarrollo Ambiental del Estado de Morelos.

Por lo cual se observa que en los índices I²⁷, III y V encajan perfectamente con la infraestructura hidráulica, con la captación, desalojo de aguas, prestación de los servicios a los usuarios, la conducción, suministro y distribución por lo que conviene al organismo operador, en tratar menos lodos y menos gasto de extracción en sus acuíferos, siendo para la Secretaría de Desarrollo Ambiental conveniente al grado de que es sustentable como se observa en lo económico. En la concesión a una colonia para administrarse por un sector social, sería otra forma de llevar a cabo el proyecto, con un estudio más a profundidad, de quien lo vaya a llevar a cabo.

²⁷ Las actividades podrán realizarse por contrato con los particulares; en tal caso, dichos contratos se sujetarán a las disposiciones de la Ley de Obra Pública y Servicios Relacionados con la misma del Estado de Morelos.

Respecto a las concesiones de parte del ayuntamiento o del organismo operador municipal de acuerdo al Artículo *43 y las Fracciones I y II de la LEAP se podrán otorgar:

I.- La concesión total o parcial para la realización de las obras, la administración y operación de los servicios públicos a que se refieren las fracciones I a V del artículo 41 de esta Ley. En ningún caso la concesión para la prestación del servicio público de agua potable, será condicionada a la prestación de otros servicios.

II.- La concesión total o parcial de los bienes del dominio público que ya existan y que constituyan la infraestructura hidráulica, necesaria para prestar los servicios así como la prestación de los mismos.

Estas concesiones se otorgarán y revocarán conforme a la LEAP y de acuerdo con los lineamientos técnicos y políticas que fije el Ejecutivo Estatal por conducto de la dependencia u organismo de la Administración Pública Estatal encargado del ramo de agua potable y medio ambiente. El ayuntamiento o el mismo O.O. ejercerían las normativas, asistencia técnica, inspección, supervisión de los servicios o bienes concesionados (LEAP 2001: 25).

Las concesiones se otorgarían teniendo en cuenta la obligación de prestar un servicio público con equidad, eficacia y eficiencia, buscando un equilibrio financiero, que recupere las inversiones hechas, o de un privado una utilidad razonable. Esto se fundamentaría con estudios económicos que realice el ayuntamiento. El ayuntamiento propondrá al Congreso del Estado, previamente con autorización de Cabildo, las cuotas o tarifas, que cobraría el concesionario a los usuarios por las obras o bienes concesionados. Además de que el plazo de concesión será por 10 años, y pudiendo prorrogarse hasta 30. Todo esto de acuerdo al artículo *44 (LEAP 2001: 26).

De acuerdo con el artículo *46 “*las concesiones se otorgarán tomando en cuenta la capacidad técnica, las mejores condiciones del servicio y la solvencia moral y económica de los grupos organizados de usuarios del sector social y privado, que se comprometan a cumplir con el objeto respectivo*”. Y respecto al artículo 52 deberán tener también experiencia aparte de solvencia moral y económica (LEAP 2001: 32).

Dentro del Capítulo quinto de la Ley Estatal. Se encuentra que: En el artículo *53 fracciones más importantes de la I a la XVIII sobre las atribuciones y obligaciones que en forma general corresponden a los concesionarios del sector social y privado. Por lo tanto el que le omitan la concesión debe tener ciertas atribuciones y obligaciones, entre las más importantes encontramos las siguientes:

I) Se preste el servicio u objeto público concesionado, y los ordenamientos que resulten aplicables aparte de las disposiciones reglamentarias; apegándose a las políticas y prioridades que establezca la autoridad concedente.

III) Que se conserve en óptimas condiciones las obras e instalaciones dedicadas al servicio.

V) Exhibir de manera visible y permanente las tarifas o cuotas legalmente autorizadas.

VI) Asumir la responsabilidad financiera del servicio concesionado.

VII) Tramitar y obtener de las autoridades competentes de los tres niveles de Gobierno, los permisos, licencias y autorizaciones que se requieran para prestar el servicio.

VIII) Realizar las obras e instalaciones que se requieran para prestar el servicio u objeto público concesionado.

X) Cubrir al Municipio, Estado o Federación, los impuestos, cooperaciones de derechos y en general las contribuciones de las leyes fiscales y que a su cargo corresponda.

XI) Realizar la contratación de seguros contra riesgos, accidentes, personas, equipo, e instalaciones que señale la autoridad (ibídem).

XII) Iniciar la prestación del servicio dentro del plazo establecido.

XIII) Rendir la información a las autoridades competentes, además de permitir la inspección, verificación, para verificar el cumplimiento efectivo del servicio público.

XVI) Ejercer actos derivados del título de la concesión, como cuidar al personal técnico o el administrativo.

XVII) Elaborar y mantener un registro actualizado de la operación del servicio u objeto público concesionado, así como el padrón de usuarios.

Por último la fracción XVIII) Propone al O.O o ayuntamiento, cuotas o tarifas que pudieran resultar aplicables, en los términos de la presente Ley, para el cobro por la prestación del servicio u objeto público concesionado, presentando el estudio técnico, administrativo y socioeconómico que las fundamenta; (LEAP 2001: 34).

Por lo tanto al respecto de la concesión se puede observar que, mientras se mantenga alguna empresa o sector social, el cual quiera llevar a cabo un proyecto hidráulico y tenga la capacidad financiera así como moral y experiencia, podrá ser considerado para que se le concesione el servicio que quiera prestar a los usuarios de la ciudad. Es decir, se podría hacer un estudio más detallado en un futuro, para ver si los usuarios de una colonia podrían aprovechar la esorrentía para los usos suntuarios y pedir una concesión al Organismo Operador del Municipio.

7.4 Ley de Aguas Nacionales (LAN)

Dentro de la LAN en el título segundo, Administración del Agua declara en el Artículo 4 que la autoridad y administración en materia de aguas nacionales y de sus bienes públicos inherentes corresponde al Ejecutivo Federal, quien la ejercerá directamente o a través de "la Comisión²⁸" (LAN 2008).

El Artículo 5. Para el cumplimiento y aplicación de esta Ley, el Ejecutivo Federal:

I. Promoverá la coordinación de acciones con los gobiernos de los estados y de los municipios, sin afectar sus facultades en la materia y en el ámbito de sus correspondientes atribuciones. La coordinación de la planeación, realización y administración de las acciones de gestión de los recursos hídricos por cuenca hidrológica o por región hidrológica será a través de los Consejos de Cuenca, en cuyo seno convergen los tres órdenes de gobierno, y participan y asumen compromisos los usuarios, los particulares y las organizaciones de la sociedad, conforme a las disposiciones contenidas en esta Ley y sus reglamentos;

²⁸Comisión Nacional de Agua

II. Fomentará la participación de los usuarios del agua y de los particulares en la realización y administración de las obras y de los servicios hidráulicos, y

III. Favorecerá la descentralización de la gestión de los recursos hídricos conforme al marco jurídico vigente.

En el artículo 6. *Compete al Ejecutivo Federal:*

I. Reglamentar por cuenca hidrológica y acuífero, el control de la extracción así como la explotación, uso o aprovechamiento de las aguas nacionales del subsuelo, inclusive las que hayan sido libremente alumbradas, y las superficiales, en los términos del Título Quinto de la presente Ley; y expedir los decretos para el establecimiento, modificación o supresión de zonas reglamentadas que requieren un manejo específico para garantizar la sustentabilidad hidrológica o cuando se comprometa la sustentabilidad de los ecosistemas vitales en áreas determinadas en acuíferos, cuencas hidrológicas, o regiones hidrológicas;

En el artículo 7 se declara de utilidad pública:

I. La gestión integrada de los recursos hídricos, superficiales y del subsuelo, a partir de las cuencas hidrológicas en el territorio nacional, como prioridad y asunto de seguridad nacional;

II. La protección, mejoramiento, conservación y restauración de cuencas hidrológicas, acuíferos, cauces, vasos y demás depósitos de agua de propiedad nacional, zonas de captación de fuentes de abastecimiento, zonas federales, así como la infiltración natural o artificial de aguas para reabastecer mantos acuíferos acorde con las "Normas Oficiales Mexicanas" y la derivación de las aguas de una cuenca o región hidrológica hacia otras;

IX. La prevención y atención de los efectos de fenómenos meteorológicos extraordinarios que pongan en peligro a personas, áreas productivas o instalaciones;

X. Apoyar, concesionar, contratar, convenir y normar las obras de infraestructura hídrica que se realicen con recursos totales o parciales de la federación o con su aval o garantía, en coordinación con otras dependencias y entidades federales, con el gobierno del Distrito

Federal, con gobiernos de los estados que correspondan y, por medio de éstos, con los gobiernos de los municipios beneficiados condichas obras, en los casos establecidos en la fracción anterior;

XI. La adquisición o aprovechamiento de los bienes inmuebles que se requieran para la construcción, operación, mantenimiento, conservación, rehabilitación, mejoramiento o desarrollo de las obras públicas hidráulicas y de los servicios respectivos, y la adquisición y aprovechamiento de las demás instalaciones, inmuebles y vías de comunicación que las mismas requieran.(LAN 2008).

La Comisión Nacional del Agua, que el artículo 9 la define como: "La Comisión" es un órgano administrativo desconcentrado de "la Secretaría"²⁹, que se regula conforme a las disposiciones de esta Ley y sus reglamentos, de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal y de su Reglamento Interior. En la fracción XIV. Fomenta el apoyo del desarrollo de los sistemas de agua potable y alcantarillado; los de saneamiento, tratamiento y reúso de aguas; los de riego o drenaje y los de control de avenidas y protección contra inundaciones.

7.4.1 Política Hídrica Nacional

Dentro de la Política Hídrica Nacional en el artículo 14 bis 5. Los principios que sustentan la política hídrica nacional son:

I. El agua es un bien de dominio público federal, vital, vulnerable y finito, con valor social, económico y ambiental, cuya preservación en cantidad y calidad y sustentabilidad es tarea fundamental del Estado y la Sociedad, así como prioridad y asunto de seguridad nacional;

IX. La conservación, preservación, protección y restauración del agua en cantidad y calidad es asunto de seguridad nacional, por tanto, debe evitarse el aprovechamiento no sustentable y los efectos ecológicos adversos;

XII. El aprovechamiento del agua debe realizarse con eficiencia y debe promoverse su reúso y recirculación;

²⁹Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales

XVIII. Las personas físicas o morales que hagan un uso eficiente y limpio del agua se harán acreedores a incentivos económicos, incluyendo los de carácter fiscal, que establezcan las Leyes en la materia;

En el artículo 14 BIS 6, son instrumentos básicos de la política hídrica nacional:

III. La gestión de aguas nacionales, para racionalizar las necesidades de agua, y contribuir al mejoramiento de la economía y finanzas del agua y su gestión;

VII. Las estrategias y políticas para la regulación de la explotación, uso o aprovechamiento del agua y para su conservación;

De las concesiones y asignaciones en el artículo 20.

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

En los Usos del Agua para Uso Público Urbano dentro del artículo 46.

"La Autoridad del Agua" podrá realizar en forma parcial o total, previa celebración del acuerdo o convenio con los gobiernos de los estados o del Distrito Federal y, a través de éstos, con los gobiernos de los municipios correspondientes, las obras de captación o almacenamiento, conducción y, en su caso, tratamiento o potabilización para el abastecimiento de agua, con los fondos pertenecientes al erario federal o con fondos obtenidos con aval o mediante cualquier otra forma de garantía otorgada por la Federación.

En el capítulo V del Control de Avenidas y Protección contra Inundaciones y el artículo 84.

"La Comisión" determinará la operación de la infraestructura hidráulica para el control de avenidas y tomará las medidas necesarias para dar seguimiento a fenómenos climatológicos extremos, promoviendo o realizando las acciones preventivas que se

requieran; asimismo, realizará las acciones necesarias que al efecto acuerde su Consejo Técnico para atender las zonas de emergencia hidráulica o afectadas por fenómenos climatológicos extremos, en coordinación con las autoridades competentes (LAN 2008: 72).

En el capítulo V y control de avenidas e inundaciones, se podrá optar por el proyecto de la tesis de instalar las infraestructuras para aprovechamiento de los escurrimientos pluviales, así como de prever posibles conflictos por encharcamientos o inundaciones, también se estarán aprovechando para dotar a las zonas de bajas densidades para usos suntuarios, por lo que estaría beneficiando dos cosas, prever los encharcamiento o inundaciones y aprovechando esa agua de escorrentía. Al igual que en el artículo 46 del PHN la CONAGUA podrá realizar en forma parcial o total las obras de captación almacenamiento conducción para el abastecimiento de aguas, con fondo del erario federal o de cualquier otra garantía de la federación.

En el Capítulo V BIS en el apartado de la Cultura del Agua y el ARTÍCULO 84 BIS." *La Comisión", con el concurso de los Organismos de Cuenca, deberá promover entre la población, autoridades y medios de comunicación, la cultura del agua acorde con la realidad del país y sus regiones hidrológicas, para lo cual deberá:*"

I. Coordinarse con las autoridades Educativas en los órdenes federal y estatales para incorporar en los programas de estudio de todos los niveles educativos los conceptos de cultura del agua, en particular, sobre disponibilidad del recurso; su valor económico, social y ambiental; uso eficiente; necesidades y ventajas del tratamiento y reúso de las aguas residuales; la conservación del agua y su entorno; el pago por la prestación de servicios de agua en los medios rural y urbano y de derechos por extracción, descarga y servicios ambientales;

II. Instrumentar campañas permanentes de difusión sobre la cultura del agua;

III. Informar a la población sobre la escasez del agua, los costos de proveerla y su valor económico, social y ambiental; y fortalecer la cultura del pago por el servicio de agua, alcantarillado y tratamiento;

IV. Proporcionar información sobre efectos adversos de la contaminación, así como la necesidad y ventajas de tratar y reusar las aguas residuales;

V. Fomentar el uso racional y conservación del agua como tema de seguridad nacional, y alentar el empleo de procedimientos y tecnologías orientadas al uso eficiente y conservación del agua, y

VI. Fomentar el interés de la sociedad en sus distintas organizaciones ciudadanas o no gubernamentales, colegios de profesionales, órganos académicos y organizaciones de usuarios, para participar en la toma de decisiones, asunción de compromisos y responsabilidades en la ejecución, financiamiento, seguimiento y evaluación de actividades diversas en la gestión de los recursos hídricos.

En el Título octavo de Inversión en Infraestructura Hidráulica y las Disposiciones Generales dentro del artículo 96 BIS 2. Se consideran como obras públicas necesarias que competen al Ejecutivo Federal a través de "la Comisión", las que:

I. Mejoren y amplíen el conocimiento sobre la ocurrencia del agua, en cantidad y calidad, en todas las fases del ciclo hidrológico, así como de los fenómenos vinculados con dicha ocurrencia, a su cargo;

II. Regulen y conduzcan el agua, para garantizar la disponibilidad y aprovechamiento del agua en las cuencas, salvo en los casos en los cuales hayan sido realizadas o estén expresamente al cargo y resguardo de otros órdenes de gobierno;

III. Controlen, y sirvan para la defensa y protección de las aguas nacionales, así como aquellas que sean necesarias para prevenir inundaciones, sequías y otras situaciones

excepcionales que afecten a los bienes de dominio público hidráulico; sin perjuicio de las competencias de los Gobiernos Estatales o Municipales;

IV. Permitan el abastecimiento, potabilización y desalinización cuya realización afecte a dos o más estados;

V. Tengan importancia estratégica en una región hidrológica por sus dimensiones o costo de inversión;

VI. Sean necesarias para la ejecución de planes o programas nacionales distintos de los hídricos, pero que guarden relación con éstos, cuando la responsabilidad de las obras corresponda al Ejecutivo Federal, conforme a solicitud del estado o del Distrito Federal en cuyo territorio se ubique, y

VII. Sean necesarias para el cumplimiento de esta Ley y sus reglamentos.

Por último en el artículo 100. "La Comisión" establecerá las normas o realizará las acciones necesarias para evitar que la construcción u operación de una obra altere desfavorablemente las condiciones hidráulicas de una corriente o ponga en peligro la vida de las personas y la seguridad de sus bienes o de los ecosistemas vitales" (LAN 2008: 84).

Por lo tanto el proyecto de tesis pretende formular estrategias para mejorar la disponibilidad del agua, e informar a la población mediante medidas de gestión para el ahorro del agua, además de las posibles ventajas para su reutilización. También fomentar el uso racional y su conservación. Por otro lado se inserta dentro de la PHN en su artículo 96 BIS en obras públicas que regulen y conduzcan (en este caso los escurrimientos) para garantizar la disponibilidad y aprovechamiento al igual que prevenir inundaciones.

7.5 Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente

Dentro del tema jurídico a nivel nacional y que tiene un apartado directamente relacionado con la captura del agua de lluvia se encuentra dentro de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente dentro del artículo 17TER y comenta lo siguiente:

Las dependencias de la Administración Pública Federal, el Poder Legislativo Federal y el Poder Judicial de la Federación, instalarán en los inmuebles a su cargo, un sistema de captación de agua pluvial, debiendo atender los requerimientos de la zona geográfica en que se encuentren y la posibilidad física, técnica y financiera que resulte conveniente para cada caso. Esta se utilizará en los baños, las labores de limpieza de pisos y ventanas, el riego de jardines y árboles de ornato.

La instalación del sistema de captación de agua pluvial en aquellos inmuebles a cargo de las dependencias de la Administración Pública Federal, el Poder Legislativo Federal y el Poder Judicial de la Federación, declarados monumentos artísticos e históricos en términos de lo dispuesto por la Ley Federal de Monumentos y Zonas Arqueológicas, Artísticos e Históricos se llevará a cabo bajo la rigurosa supervisión de expertos del Instituto Nacional de Antropología e Historia o del Instituto Nacional de Bellas Artes, según corresponda, con objeto de evitar afectaciones a dichos inmuebles.

Para efectos de lo dispuesto en el presente artículo, por agua pluvial se entiende aquella que proviene de la lluvia, el granizo y la nieve.

Y dentro del transitorio se propone quedar de la siguiente manera:

“Artículo segundo.- Las dependencias de la Administración Pública Federal, el Poder Legislativo Federal y el Poder Judicial de la Federación contarán con un plazo no mayor a trescientos sesenta días naturales para llevar a cabo la instalación del sistema de captación de agua pluvial a que se refiere el artículo 17 TER de esta Ley”.

Por lo cual, el único artículo de las leyes dentro del país, es el 17TER de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, por lo cual se observa el rezago para instrumentar políticas que permitan el aprovechamiento de la captura del agua de lluvia o de los escurrimientos urbanos que genera la ciudad.

7.6 Ley de Aguas del Distrito Federal

Dentro del artículo 4.- de la Ley de Aguas del Distrito Federal (LADF) dentro de la fracción VII BIS. Comenta lo siguiente: *“Cosecha de Agua de Lluvia.- La acción de los sectores público, privado, social, ejidos, comunidades, barrios, pueblos y de las y los habitantes del*

Distrito Federal, para captar agua de lluvia, nieve o granizo, regulada por la presente ley, y promovida, organizada e incentivada por el Gobierno del Distrito Federal;”

Dentro del Título noveno – de la cosecha de agua de lluvia del distrito federal, en el capítulo 1 Artículo 123 trata de lo siguiente: *“El presente título es de orden público, interés social y de observancia general en el territorio del Distrito Federal y tiene por objeto”:*

I. Regular, promover, organizar e incentivar la cosecha de agua de lluvia, su potabilización para el consumo humano y uso directo en actividades rurales, urbanas, comerciales, industriales y de cualquier otro uso en el Distrito Federal, en congruencia con lo establecido en la Ley de Aguas del Distrito Federal y con el fin de consolidar y fortalecer las políticas, estrategias, programas y acciones gubernamentales y de participación de la población para la gestión sustentable e integral de los recursos hídricos y la prestación de los servicios públicos de agua potable, drenaje y alcantarillado, así como el tratamiento y reúso de aguas residuales;

II. *Establecer los principios para garantizar la participación consiente de los sectores público, privado, social, ejidos, comunidades, barrios, pueblos y las y los habitante del Distrito Federal en la conservación, preservación, rescate, rehabilitación y ampliación de los ecosistemas y, por consiguiente, en el equilibrio ambiental y del ciclo hidrológico en el territorio del Distrito Federal;*

III. *Contribuir a fortalecer las leyes, políticas, programas, estrategias, presupuestos, proyectos y acciones de los Poderes Federales y Órganos Locales en materia de preservación, rescate, rehabilitación y ampliación del Suelo de Conservación del Distrito Federal; y*

IV. *Profundizar la conciencia de las y los habitantes del Distrito Federal sobre la urgente necesidad de construir una Cultura del Agua para garantizar el equilibrio ambiental de la Cuenca de México y su imprescindible participación ciudadana para contribuir a mejorar la salud y la protección civil de la población.*

Dentro del Capítulo III de la Planeación y congruencia de las políticas, estrategias y programas en materia de cosecha de agua de lluvia con la política de gestión integral de los recursos hídricos en el artículo 133 plantea lo siguiente:

La planeación de cosecha de agua de lluvia; los usos, ahorros y reúsos de agua pluvial potabilizada para el consumo humano con fines domésticos; y el aprovechamiento directo del agua pluvial cosechada para usos urbano, rural, comercial, industrial o de cualquier otro uso en el Distrito Federal, constituyen la sistematización de la estructuración racional, organización, promoción y otorgamiento de incentivos en esta materia y guardarán congruencia con el Programa General de Desarrollo del Distrito Federal y demás ordenamientos jurídicos aplicables.

Seguido del Artículo 134.- *Las autoridades en materia de cosecha de agua de lluvia deberán garantizar la congruencia y correspondencia entre la planeación de corto, mediano y largo plazos, las políticas, las estrategias y el Programa General y sus Subprogramas con la vigente Política de Gestión Integral de los Recursos Hídricos y sus Instrumentos, dispuesta en esta Ley y demás ordenamientos jurídicos aplicables.*

Por otro lado en el Capítulo V de la constitución, integración y administración del fondo general de apoyo a la cosecha de agua de lluvia del distrito federal dentro del Artículo 142.- *Se crea el Fondo General de Apoyo a la Cosecha de Agua de Lluvia del Distrito Federal, mismo que será administrado y operado por el Sistema de Aguas de la Ciudad de México, de acuerdo a lo señalado en el capítulo correspondiente a la Competencia de esta Ley.*

Se comenta en el Artículo 144.- *El Fondo sólo podrá destinar, autorizar, programar, ejercer y devengar sus recursos para alcanzar los siguientes fines: Dentro de las fracciones I a IV lo siguiente*

I. Adquirir, construir, mantener, rehabilitar, remodelar o ampliar inmuebles cuyo uso exclusivo sea organizar, promover o incentivar la cosecha de agua de lluvia, construir obras públicas, dotar de infraestructura, instalar equipos e instrumentos para la cosecha de agua de lluvia, su potabilización para consumo humano o su aprovechamiento para uso rural y urbano;

II. Comprar, rentar, mantener, rehabilitar o incrementar materiales de construcción para obras del sector público y social, ejidos, comunidades, barrios, pueblos y de las y los habitantes del Distrito Federal, cuyo fin exclusivo sea captar agua de lluvia, nieve o granizo, su potabilización para consumo humano o su aprovechamiento para uso rural y urbano;

III. Comprar, rentar, mantener, rehabilitar o incrementar infraestructura, instalar equipos, instrumentos y todo tipo de objetos muebles cuyo uso exclusivo sea organizar, promover o incentivar la cosecha de agua de lluvia, su potabilización para consumo humano o su aprovechamiento para uso rural y urbano;

IV. Definir, formular, elaborar investigaciones, estudios, programas, asesoría, capacitación, actualización, superación profesional y técnica, cuyo fin exclusivo sea contribuir a organizar, promover o incentivar la cosecha de agua de lluvia, su potabilización para consumo humano o su aprovechamiento para uso rural y urbano;

Conclusiones

La Ley de Agua del Distrito Federal (LADF), es la única que se preocupa por los aprovechamientos del agua de lluvia, a lo cual llama cosecha de agua de lluvia, se encarga de promover e incentivar su captura, ya sea para consumo humano o para otras actividades, se encarga de tener un fondo, es decir apoyan a quien se encarga de adquirir construir, rehabilitar, instalar equipos para la cosecha del agua de lluvia, y es el mismo Organismo Operador.

En el tema jurídico, se observa que se va avanzando respecto al aprovechamiento del agua de lluvia, se ha empezado a incentivar a la población para realizar proyectos de captura, así como elaborar investigaciones para que haya un aprovechamiento ya sea para su potabilización o su uso en lo urbano y lo rural.

Entre las principales diferencias entre la Ley Estatal de Aguas del D.F. y las de Morelos, es que mientras el Distrito Federal, toca muchos artículos respecto al aprovechamiento de agua de lluvia para mejorar su disponibilidad o hacer un uso menor del agua subterránea, la LEAPM ve como realizar proyectos para el manejo del agua, pero sin hacer énfasis en ocupar el agua de lluvia en algún apartado, por lo cual se refleja la falta de actualización de la Ley.

8.1 Potencial de aprovechamiento de escorrentía

En este capítulo final, se redactan las conclusiones del proyecto de investigación. En el cual debido a la problemática que se tiene actualmente en las ciudades a nivel mundial, para abastecer de agua a la población se propone usar la fuente natural que transita por las zonas urbanas, ya que al crecer la ciudad, se modifican los escurrimientos, y estos pueden ser aprovechados dentro de la ciudad para abastecer a la población. La demanda de agua aumenta cada década debido a que la población de la ciudad crece, y al mismo tiempo que la ciudad se expande, deja menos área permeable para la recarga natural de los acuíferos. Por ello las aguas pluviales representan una fuente alternativa de abastecimiento de agua para las ciudades y su uso, se justifica en una serie de paradigmas de desarrollo urbano sustentable.

8.2 Las Cuatro Dimensiones de Viabilidad

La tesis analizó la viabilidad ambiental, económica, social y jurídica de aprovechar los escurrimientos pluviales urbanos de la ciudad de Cuernavaca, específicamente para usos santuarios para las zonas de baja densidad habitacional (otros estudios podrían evaluar el aprovechamiento de escurrimientos pluviales en otros usos así como otras zonas de la ciudad).

8.3 Discusión: Propuestas y alternativas de Aprovechamiento de la Escorrentía

Ambientalmente se determinó que hay escurrimientos significativos que podrían capturarse y distribuirse por gravedad, en por lo menos tres áreas específicas de la ciudad. La primera propuesta es al Oeste de la ciudad donde se puede aprovechar los escurrimientos para la colonia San Antón, en la cual se puede poner una cisterna con un tanque elevado para abastecer a la colonia durante aproximadamente un mes. Otra fue al centro de la zona urbana, donde con los escurrimientos pluviales, se puede abastecer a gravedad con una cisterna y un tanque elevado a la colonia Lomas de la Selva durante aproximadamente cuatro meses. Y por último en la zona Este de la ciudad. La zona optima de toda la ciudad, debido a que se podría

dotar de agua para usos suntuarios a las colonias que más agua consumen, y además se tiene uno de los mayores potenciales de aprovechamiento de escurrimientos en metros cúbicos, es para las colonias Reforma y Vista Hermosa, esta zona cuenta con amplios camellones donde se puede ubicar la cisterna(s) de captación para posteriormente su distribución, por lo que es la zona con más potencial para aprovechar los escurrimientos dentro de toda la ciudad.

Así mismo el cálculo que estas acumulaciones de los escurrimientos en la zona de la colonia Reforma y Vista Hermosa se podría abastecer con una sola lluvia (la cual tiene una probabilidad de presentarse de un 10 por ciento) a la colonia Reforma durante los 8 meses de temporada de estiaje, y por dos meses a la colonia Vista Hermosa, mientras que para la colonia San Antón con esta probabilidad de lluvia, sólo se podría abastecer por una semana. Por otro lado para la colonia Lomas de la Selva con una lluvia similar podría abastecer cerca de dos meses, entonces hablamos que se podría abastecer a las diferentes colonias de presentarse esta lluvia, en tan sólo un día, por lo cual vemos la importancia del aprovechamiento de la esorrentía en la ciudad de Cuernavaca

Entre las limitantes en lo ambiental, se encontró que dentro de la ciudad existen pocas zonas con áreas verdes o áreas con poca construcción donde permita instalar el tipo de infraestructura para aprovechamiento de los escurrimientos, por lo cual, aun cuando haya una gran cantidad de m³ para aprovecharlos en usos suntuarios la falta del espacio se vuelve una limitante importante para un proyecto de tales características. Por lo tanto los futuros proyectos de investigación se podría optar, de que en lugar del aprovecharse los escurrimientos en usos suntuarios se analice la posibilidad de potabilizar el agua que se captura para distribuirse en la misma semana de su captura, lo que reduciría la extensión de cualquier cisterna que se pretenda instalar, y al mismo tiempo se aprovecharía la tubería de agua potable existente.

Económicamente se determinó que la captación y posterior aprovechamiento de los escurrimientos pluviales es con un periodo de retorno de varios años, en las diferentes colonias se presenta a largo plazo, para recuperar lo invertido. Los sistemas constructivos para el almacenamiento de los escurrimientos, se observa más viable el uso de las cisternas de ferro cemento las cuales tendrían el menor tiempo del retorno de inversión, seguido del almacenamiento en tanques de geo-membrana, para su posterior distribución, y por último los

costos exorbitantes sería almacenar la esorrentía en cisternas de concreto reforzado, ya que hablamos de siglos para recuperar la inversión. Por lo tanto como es un periodo de retorno a largo plazo y que los gobernantes en turno puedan optar por impulsar políticas para el aprovechamiento de los escurrimientos, se tendría que tener el apoyo de la población.

Socialmente, se consultó a la población para conocer su opinión acerca de diferentes estrategias de gestión del agua a través de dos instrumentos, y la opción preponderante fue lo ambiental, ellos ven más conveniente tener más áreas verdes dentro de la ciudad para permitir la recarga de los acuíferos, así como capturar el agua de lluvia dentro de sus viviendas, pero también creen necesario que la cultura del cuidado del agua se transmita entre toda la población ya que es así como se podrá realizar las medidas de gestión adecuadas, que es lo primero para llevarse a cabo. Un (16 %) de personas estuvieron en sintonía con el desarrollo de la propuesta de captación de los escurrimientos pluviales para posteriormente distribuirlos en usos suntuarios, sólo por detrás de la cultura del cuidado del agua con (32 %), y más áreas verdes para la recarga de acuíferos con un (19 %). Lo que menos opinaron a favor es sobre la limitante de consumo a partir de una política de gobierno, con sólo el (5 %) a favor de los encuestados.

Lo que se observó fue que la mayoría de la población tiene un conocimiento básico sobre la problemática del abastecimiento de agua, ya que en varias colonias de la ciudad se abastecen por medio de tandeos, que antes no era el caso, e igual la cultura del cuidado se ha extendido en la población, pero algunos no la llevan a cabo. Al igual tienen una noción sobre el ciclo hidrológico del agua, ya que la mayoría optó por recargar el acuífero. Saben que es éste el que a través de la infiltración de la lluvia se recarga. Pero son conscientes en que se debe promover la educación del cuidado del agua, ya que siendo una vez conscientes, se podrán aplicar las demás medidas que se puedan tomar por su parte, para ahorrar el vital líquido.

Finalmente se analizó el marco jurídico y la política pública relacionada con la gestión del agua, y se identificó que los actores que tienen la atribución y toma de decisiones para realizar el proyecto, principalmente podría ser el director del O.O en turno, ya que él es el encargado en turno de proveer agua a la población. Pero igualmente el presidente municipal, ya que él está al mando del director general, y es quien probablemente podría dirigir parte del recurso para la construcción de la infraestructura. Por otro lado se tendrían que instalar dentro de las

leyes el distribuir el agua de los escurrimientos, y poder dotar de agua no potable a los predios de zonas de baja densidad, donde tengan la línea de conducción de agua potable y otra separada de agua de escurrimientos, para aprovecharse especialmente en usos suntuarios, por lo que deberá de realizarse una nueva norma para entrega de los escurrimientos.

De igual manera, se deberá de optar por proponer más artículos en las diferentes leyes, a nivel local, estatal y federal, el aprovechamiento del agua pluvial no sólo en edificios, o la infiltración con un requipamiento en los camellones de la ciudad, sino también la que se convierte en escurrimiento, de esta manera no haya limitantes en su aprovechamiento. En conjunto con la cultura del ciudadano sobre el cuidado del agua, puedan en conjunto realizar la nueva gobernabilidad del agua. Gobierno y sociedad poniendo su parte para realizar proyectos de tal envergadura, un facilitador y otro comprometido con su ciudad y sus futuras generaciones.

8.4 Conclusiones

De esta forma se concluye que el aprovechamiento de los escurrimientos pluviales para la utilización de riego en áreas verdes públicas y privadas es factible, tanto ambiental, económica, social y jurídicamente. Debido a que para que una ciudad pueda llegar a ser sustentable necesita poder contar con los recursos no renovables y conservarlos no sólo por una generación sino por varias. Por lo tanto las eco-ciudades así como la planeación urbana sensible al agua, deberá tomar los escurrimientos como una potencial fuente de aprovechamiento, ya que en la ciudad de Cuernavaca se cuenta con una privilegiada precipitación de agua de lluvia, durante cuatro meses del año.

Quedaría pendiente analizar la posibilidad de potabilizar el agua de los escurrimientos para poder entregarse en conjunto con el agua potable, pero estas implementaciones se podrán abordar en futuras investigaciones, como se comentó anteriormente el agua no estaría almacenada mucho tiempo, sino se entregaría lo más rápido posible, por lo que se estaría ganando tiempo ya que se aprovecharía el agua pluvial convertida en escurrimiento, y no se esperaría para que se infiltrara al acuífero para su posterior extracción y distribución.

Por otro lado la metodología abordada en esta investigación puede usarse en diferentes contextos de ciudades que tengan características similares a la ciudad de Cuernavaca, donde se

tenga una buena precipitación así como diversas pendientes dentro de la ciudad para poder aprovechar los escurrimientos por gravedad. La Metodología puede ser útil para lograr el aprovechamiento sustentable de los escurrimientos, ya que las ciudades hoy en día deben de lograr con los recursos actuales su desarrollo de una manera que no afecte a los ciudadanos en décadas futuras. El aprovechamiento de los escurrimientos entrará de lleno dentro de las estrategias para acercarse a tener las ciudades sustentables, que tanto planeadores urbanos como gestores del agua y sociedad en general desean, ya que el aprovechamiento de agua asegura la conservación de los ecosistemas dentro de la ciudad y permite su desarrollo.

Las estrategia del aprovechamiento de los escurrimientos deberá ir acompañada de; la captura de agua dentro de las casas habitacionales: el reúso de sus aguas grises; el retrofit (es decir infiltrar agua a través de los camellones, sirviendo como reservorio temporal). Todo esto tiene que tener énfasis, ya que por sí sola, la captura de los escurrimientos pluviales para usos suntuarios, es una opción aplicable. Pero sería mucho mejor con todas las medidas de gestión que puedan preservar el vital recurso permitan extraer menos cantidad de m^3 del acuífero. Lo cual podría servir de anclaje para acercarnos hacia una ciudad sustentable desde el recurso del agua.

Anexo 1: Figura 1. Lado A cuestionario.

Cuestionario	Lado A
Colonia: _____ Sexo _____	
Escolaridad: _____	
El cuestionario es para conocer su opinión sobre las estrategias para un ahorro de agua en su colonia. Por favor indíqueme en una escala del 1 al 5 si estas medidas serían muy convenientes (1) o muy inconvenientes (5) para usted: Asignar el valor dentro del paréntesis (): 1 Muy Conveniente 2 Conveniente 3 Intermedio 4 inconveniente 5 Muy Inconveniente • Capturar el agua de lluvia en su casa (en el techo de su casa, su garaje, su tinaco o alberca). () • Aprovechar el agua de lluvia que corre por las calles de Cuernavaca para regar los jardines/ camellones públicos. En la época de estiaje (meses sin lluvia). () • Que SAPAC (Sistema de Agua Potable y Alcantarillado de Cuernavaca) autorice un nuevo aumento del precio del agua. () • Que le proporcionen el agua por tandeo (algunos días sí y otros no). () • Que SAPAC controle electrónicamente el uso que hacemos del agua en nuestra casa. Limitando el consumo para los grandes consumidores en la ciudad de Cuernavaca. () • alguna propuesta, o sugerencia?	

Anexo 2: Figura 2. Proceso Analítico Jerárquico

Expresa tu valoración asignando un valor (de izquierda a derecha) sobre la comparación de los siguientes criterios para el ahorro del agua en la ciudad de Cuernavaca, es decir, Si comparas el inciso A) Fomentar una cultura ciudadana para el cuidado del agua en tu colonia con el inciso c) Crear más áreas verdes para facilitar la recarga de acuíferos y crees Mucho más importante el inciso A) le asignas el número 5, ver ejemplo en cuadro.

Lado B

	a)	b)	c)
A)	1		5
B)		1	
C)			1

3 = Más importante 7 = Significativamente mucho más importante 9= Esencial, Extremadamente Importante	1= Igual Importancia	-3= Menos importante -7= Significativamente mucho menos importante -9 = Extremadamente menos importante
---	----------------------	---

	a)	b)	c)	d)	e)	f)
Comparación de criterios (seleccionar importancias)	Fomentar una Cultura ciudadana para el cuidado del agua en tu colonia.	Limitar tu consumo de agua a partir de una nueva política del gobierno municipal de Cuernavaca.	Crear más áreas verdes para facilitar la recarga de acuíferos	Capturar el agua de lluvia dentro de tu vivienda, para tu uso familiar.	Aprovechar las aguas negras que se generan en la ciudad de Cuernavaca (en riego de camellones y jardines, etc.)	Colectar el agua de lluvia que escurre por las calles de la ciudad para utilizarla en albercas y áreas verdes.
A) Fomentar una Cultura ciudadana para el cuidado del agua en tu colonia.	1					
B) Limitar tu consumo de agua a partir de una nueva política del gobierno municipal de Cuernavaca.		1				
C) Crear más áreas verdes para facilitar la Recarga de acuíferos			1			
D) Capturar el agua de lluvia dentro de tu vivienda, para tu uso familiar.				1		
E) Aprovechar las aguas negras que se generan en la ciudad de Cuernavaca (en riego de camellones y jardines, etc.)					1	
F) Colectar el agua de lluvia que escurre por las calles de la ciudad para utilizarla en albercas y áreas verdes.						1

Anexo 3: Tabla 5.6 Ejemplo de resultados del AHP aplicado a los usuarios

#	Colonia	Estudios	Sexo	Edad	Social		Ambiental		Económico		
					a)	b)	c)	d)	e)	f)	
1	La cañada	Lic	F	E1	0.356	0.172	0.198	0.131	0.051	0.092	1
2	Carolina	Lic	F	E1	0.522	0.031	0.260	0.072	0.058	0.058	1
3	Amp. Laz. Card.	Sec	F	E1	0.038	0.027	0.238	0.078	0.404	0.215	1
4	Granjas	Prepa	F	E1	0.293	0.198	0.187	0.273	0.022	0.027	1
5	Teopanzolco	Prim	F	E3	0.174	0.084	0.414	0.155	0.047	0.127	1
6	Acapanzingo	Lic	F	E2	0.473	0.021	0.242	0.107	0.104	0.052	1
7	Chapultepec	Lic	F	E2	0.157	0.020	0.126	0.053	0.447	0.197	1
8	Lázaro Card.	Prepa	F	E2	0.304	0.047	0.067	0.284	0.171	0.128	1
9	Empleado	Prepa	F	E1	0.357	0.045	0.209	0.123	0.140	0.126	1
10	Pilares	Lic	M	E3	0.467	0.141	0.225	0.094	0.020	0.053	1
11	Plan Ayala	Lic	M	E3	0.190	0.017	0.311	0.196	0.151	0.136	1
12	Amatitlán	Sec	F	E3	0.571	0.041	0.139	0.033	0.127	0.090	1
13	Centro	Uni	F	E2	0.164	0.071	0.243	0.181	0.254	0.087	1
14	Flores M	Prepa	M	E1	0.245	0.032	0.142	0.245	0.183	0.153	
15	Palmas	Lic	M	E3	0.058	0.016	0.388	0.246	0.048	0.244	1
16	Quintanarro	Prepa	F	E2	0.143	0.074	0.205	0.052	0.301	0.226	1
17	Amatitlán	Lic	F	E2	0.214	0.051	0.237	0.217	0.035	0.246	1
18	Lázaro Card.	Lic	F	E1	0.080	0.028	0.146	0.322	0.174	0.251	1
19	San Antón	Lic	F	E1	0.281	0.036	0.151	0.233	0.112	0.187	1
20	Satélite	Lic	F	E2	0.208	0.117	0.369	0.119	0.098	0.088	1
21											
22	Águilas	Lic	M	E1	0.220	0.044	0.101	0.343	0.098	0.193	1
23	Pradera	Uni	F	E2	0.233	0.056	0.022	0.223	0.233	0.233	1
24	Centro	Uni	F	E1	0.044	0.040	0.369	0.036	0.216	0.295	1
25	Carolina	Maestria	F	E3	0.064	0.012	0.296	0.180	0.196	0.253	1
26	Teopanzolco	Prepa			0.048	0.027	0.156	0.255	0.291	0.222	1
27	Lomas Selva	Prepa			0.223	0.175	0.041	0.052	0.436	0.074	1
28	Altavista	Prepa	M	E3	0.464	0.082	0.048	0.241	0.020	0.145	1
29	Lagunilla		F	E2	0.857	0.029	0.029	0.029	0.029	0.029	1

30	Universidad	Prepa	F	E3	0.188	0.377	0.054	0.072	0.202	0.108	1
31	Flores M	Lic	F	E3	0.149	0.113	0.036	0.212	0.210	0.279	1
32	Amp. Chapultepec	Prepa	F		0.504	0.217	0.049	0.056	0.060	0.114	1
33	Reforma	Lic	F	E2	0.098	0.053	0.020	0.146	0.219	0.465	1
34	Barona	Sec	F		0.485	0.159	0.091	0.132	0.107	0.026	1
35	Acapanzingo		M	E2	0.192	0.210	0.024	0.144	0.281	0.148	1
36	Carolina	Dr.	M								
37	Ahuatan	Lic			0.286	0.099	0.053	0.277	0.069	0.215	1
38	Pradera	Uni	M	E1	0.133	0.076	0.209	0.129	0.157	0.297	1
39	Lázaro Card.	Uni	F	E2	0.534	0.062	0.113	0.141	0.054	0.096	1
40	Palmira	Prim	F	E2	0.210	0.165	0.235	0.136	0.046	0.208	1
41	Chapultepec	Tecnico	F		0.365	0.071	0.262	0.141	0.063	0.097	1
42	Estación	Lic	F	E2	0.388	0.173	0.203	0.034	0.103	0.099	1
43	Palmira	Prepa	F	E2	0.302	0.060	0.234	0.144	0.091	0.169	1
44	Primavera	Sec			0.201	0.053	0.200	0.229	0.107	0.211	1
45	AltaVista	Lic			0.266	0.085	0.317	0.056	0.155	0.121	1
46	Tizoc	Prepa			0.561						
47	Flores	Prepa			9	0.072	0.100	0.163	0.027	0.077	1
48	Flores M	Prepa			0.408						
49	Tlantenango	Ing. Mec			1	0.231	0.082	0.178	0.045	0.056	1
50	Lázaro Card.	Prepa	F	E1	0.200						
51	Palmas	Prepa	M	E2	1	0.176	0.134	0.140	0.196	0.155	1
52	Flores M	Lic			0.360						
53	Barona	S/e	M	E3	3	0.044	0.277	0.075	0.075	0.169	1
54	Quintanarro	Lic			0.229	0.061	0.183	0.183	0.183	0.160	1
55	Alta Vista	Prepa	F	E1	0.207	0.094	0.227	0.198	0.146	0.129	1
56	Revolución	Lic	F	E2	0.224	0.081	0.305	0.150	0.120	0.120	1
57	Chapultepec	Lic	M	E2							
58	Acapanzingo	Maestria	F	E3							
59	Acapanzingo	Prim	F	E3							
60	Aguilas	Prepa	F	E2	0.074	0.096	0.070	0.218	0.124	0.417	1
61	Carolina	Lic	M	E2	0.213	0.198	0.168	0.211	0.041	0.168	1
62	Acapanzingo	Lic	M	E2	0.125	0.114	0.143	0.149	0.257	0.212	1
63	Zompantle	Lic	F	E2	0.415	0.057	0.087	0.186	0.100	0.155	1
64	Acapanzingo	Maestria	F	E3	0.034	0.178	0.156	0.368	0.034	0.231	1
65	Acapanzingo	Prim	F	E3							
66	Aguilas	Prepa	F	E2	0.146	0.040	0.284	0.126	0.040	0.364	1
67	Carolina	Lic	M	E2	0.061	0.069	0.360	0.186	0.228	0.096	1
68	Acapanzingo	Lic	M	E2	0.197	0.052	0.123	0.085	0.035	0.508	1
69	Zompantle	Lic	F	E2	0.153	0.102	0.159	0.282	0.059	0.244	1

64	Vista hermosa	Secu	F		0.175	0.051	0.244	0.077	0.240	0.213	1
65	Flores Magón	Lic	M	E3	0.186	0.048	0.277	0.220	0.078	0.191	1
66	Quintanarro Gloria	Lic	M	E2	0.135	0.019	0.271	0.135	0.170	0.271	1
67	Aldama	Prim	M	E3	0.457	0.063	0.094	0.067	0.203	0.116	1
68	Satélite Arboleda	Lic	F	E3	0.199	0.018	0.221	0.158	0.239	0.166	1
69	Chipitlan	Lic	F	E2	0.158	0.110	0.069	0.273	0.137	0.253	1
70	Flores M	Prepa	M	E2							
71	Cond. Chapultepec	Prepa	F	E1	0.277	0.106	0.231	0.277	0.020	0.090	1
72	Vista Hermosa	Prepa	M	E1	0.166	0.322	0.231	0.134	0.043	0.104	1
73	Unión Cuernavaca	Prim	F	E2	0.217	0.095	0.395	0.214	0.019	0.060	1
74	Chipitlan	Prepa	F	E2	0.221	0.105	0.200	0.158	0.158	0.158	1
75	Flores m	Lic	M	E1	0.290	0.049	0.127	0.290	0.021	0.224	1
76	Del bosque	Actriz	F	E3	0.215	0.044	0.238	0.113	0.177	0.213	1
77	Texclatepec	Prepa	F	E2	0.124	0.025	0.476	0.199	0.105	0.070	1
78	Teopanzolco	Prepa	F	E3	0.212	0.061	0.103	0.127	0.248	0.248	1
79	Flores M	Prepa	F	E2	0.188	0.063	0.188	0.188	0.188	0.188	1
80	Las palmas	Sec	F	E2	0.492	0.054	0.136	0.195	0.088	0.035	1
81	Teopanzolco	Lic	F	E1	0.153	0.144	0.176	0.213	0.134	0.180	1
82	Teopanzolco	Lic	M	E1	0.221	0.402	0.070	0.162	0.035	0.110	1
83	Acapanzingo	Prepa	M	E2	0.132	0.043	0.335	0.210	0.163	0.118	1
84	Lomas palmira	Lic	F	E2	0.171	0.039	0.181	0.213	0.165	0.231	1
85	Ahuatepec	Prepa	F	E2	0.062	0.041	0.178	0.400	0.070	0.250	1
86	Amatitlan	prepa	F	E2	0.204	0.056	0.320	0.327	0.042	0.051	1
87	Lomas de Cortes	Lic	F	E3	0.223	0.044	0.143	0.208	0.212	0.170	1
88	Tulipanes	Lic	M	E2	0.166	0.043	0.262	0.161	0.149	0.220	1
89	Corolina	Prepa	F	E2	0.229	0.041	0.183	0.063	0.212	0.272	1
90	Reforma	Lic			0.203	0.217	0.139	0.195	0.034	0.213	1
91	Tetela del M Ampliación	Prim	F	E2	0.152	0.249	0.077	0.047	0.217	0.258	1
92	AV	Prim	M	E3	0.285	0.043	0.363	0.165	0.067	0.077	1
93	Amp. AV	Sec	F	E3	0.374	0.037	0.219	0.176	0.112	0.082	1
94	Nva. Santa	Prepa	F	E2	0.234	0.026	0.135	0.169	0.267	0.169	1

M											
95	Teopanzolco	Maestría	F	E1	0.118	0.043	0.125	0.084	0.316	0.316	1
96	Lagunilla	Sec	M	E3	0.127	0.133	0.342	0.177	0.166	0.056	1
97	Loma del aguila	Ing.	M	E3	0.154	0.050	0.154	0.148	0.202	0.291	1
98	Tranca	Lic	F	E2	0.434	0.039	0.257	0.132	0.069	0.069	1
99	Atlacomulco	Sec	M	E3							
	Frac.										
100	Chapultepec	Lic	F	E2	0.152	0.144	0.083	0.207	0.248	0.166	1
101	Buena Vista	Lic	F	E1	0.286	0.112	0.035	0.172	0.200	0.195	1

Elaboración propia basada en Bushan 2004¹

¹ Color negro: Encuestas descartadas por inconsistencias, color gris oscuro en fracciones: Inclínación del usuario de sapac por la medida de gestión, color gris oscuro en Colonias: Colonias de Baja densidad

Anexo 4: Mapa de localización Cuenca Río Balsas

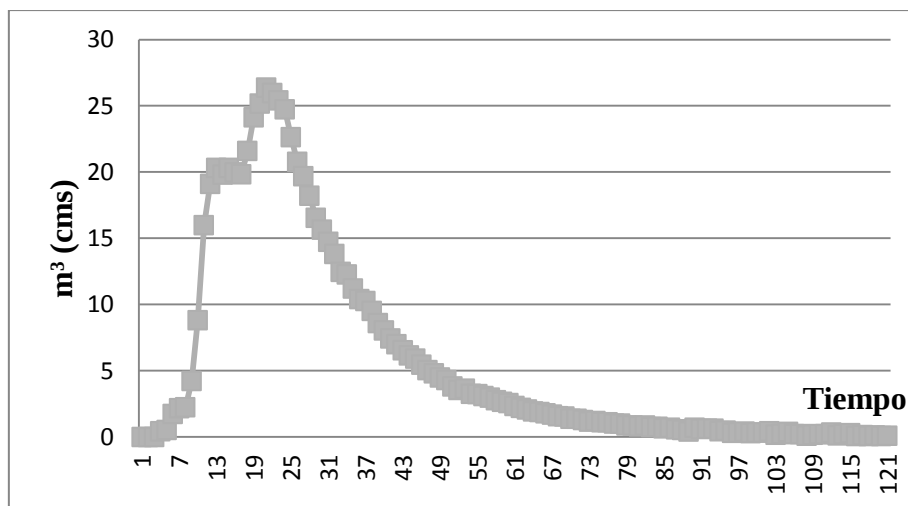


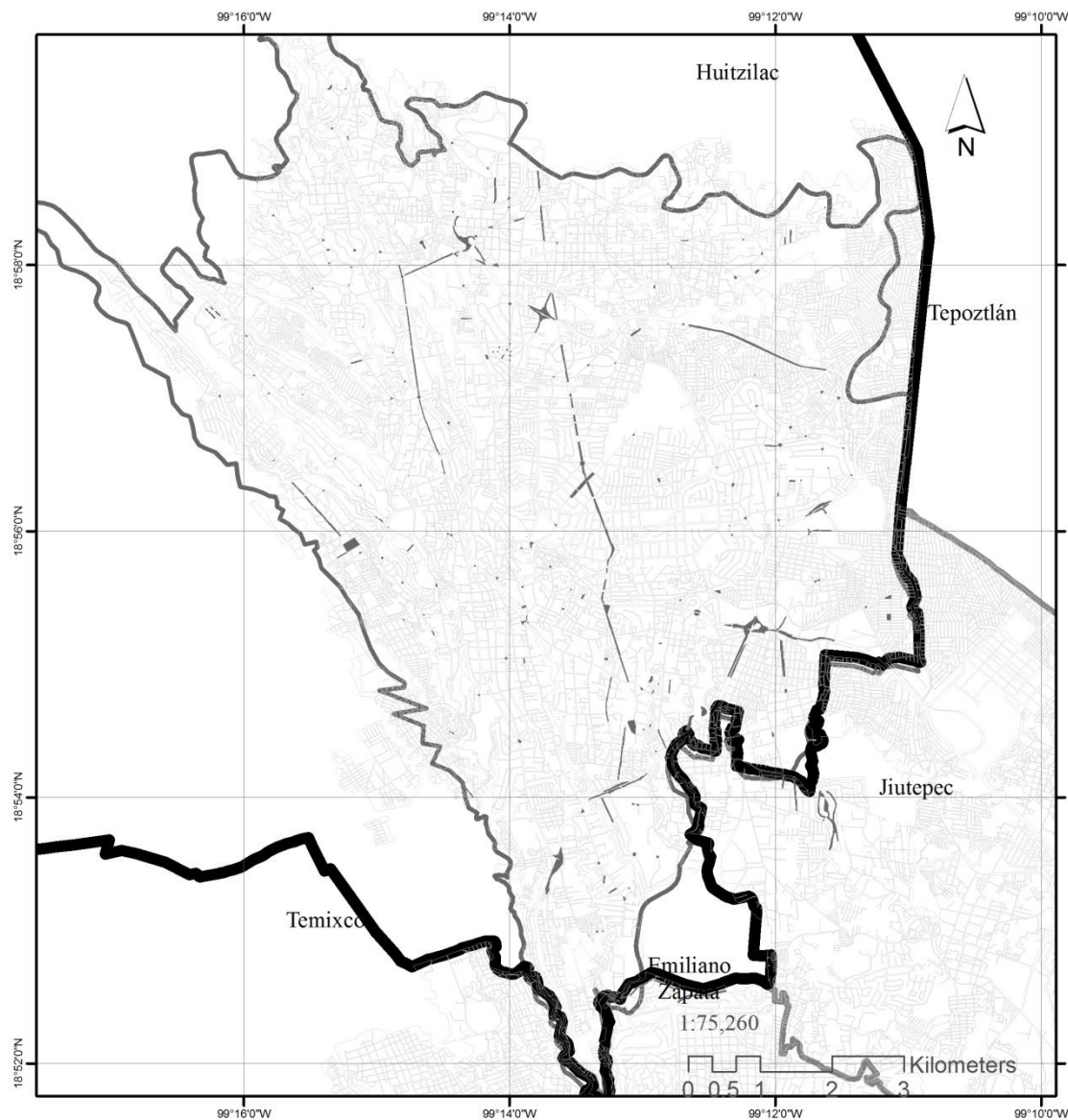
Fuente: Elaboración propia basado en CONABIO.

Anexo 5. Tabla Lluvia de 2 horas un periodo de retorno de 10 años con 42 mm de precipitación.

TR	Precipitación (mm)	Q (m ³ /s)
10 años	42	84
20 años	48	96
25 años	50	100
50 años	56	112
100 años	61	122

Anexo 6 – Hidrograma de lluvia de 12 horas presentada en Cuernavaca, 2 horas de lluvia y 10 de escurrimiento.





ANEXO 7

ÁREAS VERDES PARA INFRAESTRUCTURA O RETROFIT

SIMBOLOGÍA BASE

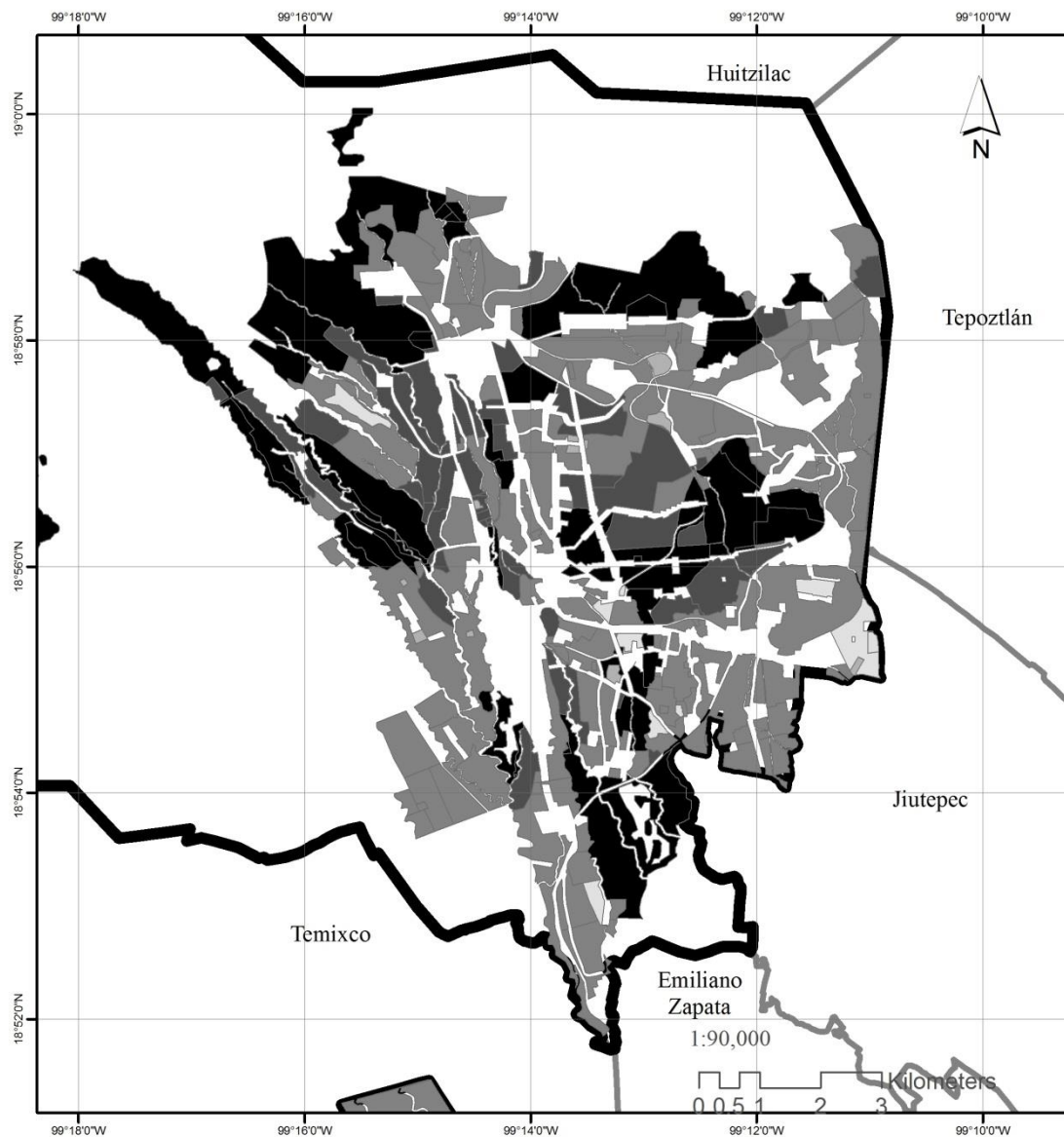
-  Límite Municipal Cuernavaca
-  Zona Urbana de Cuernavaca
-  Límite Municipal Morelos

SIMBOLOGÍA TEMÁTICA

-  Áreas verdes
-  Manzanas



Fuente: Elaboración propia basada
en INEGI 2013 [Metadatos y
mapoteca digital]



ANEXO 8 USOS DE SUELO EN LA CIUDAD DE CUERNAVACA

SIMBOLOGÍA BASE

- Límite Municipal Cuernavaca
- Límite Municipal Morelos

SIMBOLOGÍA TEMÁTICA

- Hab, 0 a 50 hab/ha, 1000 m²
- Hab, 51 a 100 hab/ha, 500 m²
- Hab, 101 a 200 hab/ha, 250 m²
- Hab, 201 a 416 hab/ha, 120 m²
- Hab, 417 a 600 hab/ha, plurif



Fuente: Elaboración propia basada en INEGI 2013 [Metadatos y mapoteca digital]

Anexo 9-Tabla Cisterna de ferrocemento

Colonia	Reforma	Vista Hermosa	Lomas de la Selva	San Antón
Número de cisternas	924	4745.12	992.96	1120
Costo total	\$ 3,584,499.20	\$ 18,411,065.60	\$ 3,852,684.80	\$ 4,345,600.00
Capacidad m3	50	Costo una sola Cisterna	3880	

Anexo 10-Tabla Cisterna de concreto

	Reforma	Vista Hermosa	Lomas de la Selva	San Anton
Numero de cisternas	36	183	38	43
costo	\$ 50,958,615.21	\$ 261,738,768.84	\$ 54,771,244.54	\$ 61,778,716.05
capacidad m3	1296	costo una sola cisterna	1429736	

Anexo 11-Tabla Almacenamiento en Geomembrana

	Reforma	Vista Hermosa	Lomas de la Selva	San Anton
capacidad m3 se necesitan	17136	costo	\$ 2,284,800.00	
	3	13	3	3.5
costo	\$ 6,854,400.00	\$ 29,702,400.00	\$ 6,854,400.00	\$ 7,996,800.00

Aracena, Gonzalo, 2011, *Manual para el hogar*, Chile, Serie del consumo responsable Superintendencia de servicios Sanitarios.

Arapé, Jesús, 2000, “*La técnica AHP. Programa de Prospectiva Tecnológica para Latinoamérica y el Caribe*”, *Manual de metodologías*, Tomo V, sin pie de imprenta.

Albornoz, Pedro *et al.*, [Congreso], 2012 *Mapas Digitalizados de Precipitación*, Acapulco Guerrero, México.

Albornoz, Pedro *et al.*, [Simposio], 2013, *Identificación del escurrimiento pluvial con líneas de corriente y microcuencas generadas en el Hec-GeoHMS en zonas urbanas*, Buenos Aires.

Aguilar, Salvador, 1998, “*Ecología del estado de Morelos. Un enfoque geográfico*”, Cuernavaca Morelos, Praxis Instituto estatal de documentación del Morelos

Bhushan, Navneet y Rai, Kanwal, 2004, *Strategic Decision Making. Applying the Analytic Hierarchy Proces*, USA, Hardcover

Cámara de Diputados, 2008, *Ley de Aguas Nacionales (LAN)*, México, Última Reforma publicada, Diario Oficial de la Federación

Cámara de Diputados, 2014, *Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA)*, México, Última Reforma publicada, Diario Oficial de la Federación.

Carrión, Fernando [Conferencia Internacional], 1999, *Desarrollo y Aplicación de Normas y Programas Ambientales en Zonas Urbanas*, Quito, Fundación Natura.

Castro Fresno, Daniel *et al.* 2006, “*Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible*”. *Una nueva sociedad, un nuevo paisaje*, Santander España, (s.e.)

- Chaturvedi, B. y Subban T., 2011, “*Uso del suelo y planificación urbana*”. En Graizbord B., Monteiro F. (coord.) *Megaciudades y cambio climático. Ciudades sostenibles en un mundo cambiante*. Cd. de México, El Colegio de México.
- CONAGUA, 2009, “*Actualización de la disponibilidad media anual de agua subterráneo Acuífero (1701) Cuernavaca*”, Estado de Morelos, DOF: Diario Oficial de la Federación
- CONAGUA, 2012, *Programa Hídrico Regional (PHR), Visión 2030: Región Hidrológico-Administrativa X Golfo Centro*, México, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- Figuerola, Juan [Tesis maestría], 2012, “*Unidad de manejo y administración de agua UMA. Un equipamiento ambiental para la Cuidad de Cuernavaca*”, Cuernavaca, UAEM, Facultad de Arquitectura, (s.p.i.).
- Gobierno del Distrito Federal, 2003, *Ley de Aguas del Distrito Federal*, México, Gaceta Oficial del Distrito Federal
- Gobierno del Estado de Morelos, 2001, *Ley Estatal de Agua Potable de Morelos (LEAP)*.
- Gómez, Jannet [Entrevista], 2013, por Juan Figuerola [Trabajo de campo], *Medidas de gestión para el ahorro del agua*, Cuernavaca.
- Goonetilleke, Ashantha et al., 2014, *Sustainable Urban Water Environment: Climate, Pollution and Adaptation*, Massachusetts, Edward Elgar.
- Gleason, J., 2011, “*Hacia una gestión sustentable del agua en la zona conurbada de Guadalajara*”, *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, México, (s.e.), núm. 1, (s.p.)
- Global Water Partnership, 2011, *Hacia una Gestión Integrada de Aguas Urbanas*, Estocolmo Suecia, GWP.
- Graizbord, B., 2011, “*Sostenibilidad urbana: ¿Frase vacía o estrategia de desarrollo urbano?*”. En Graizbord B., Monteiro F. (coord.) *Megaciudades y cambio climático. Ciudades sostenibles en un mundo cambiante*. Cd. de México, El Colegio de México.
- Guerrero, Manuel y Schifter, Isaac, 2011, *La Huella del Agua*, México, Fondo de Cultura Económica.

H. Ayuntamiento Municipal de Cuernavaca, 2012, *Plan Municipal de Desarrollo (PMD) del municipio de Cuernavaca 2012-2015*, Cuernavaca Morelos.

Higueras, E., 2006, *Urbanismo Bioclimático*. Barcelona, Gustavo Gili.

Ibarra, Guillermo y Moreno, Adrián, 2012, *La construcción social de una ciudad sustentable*, Culiacán Sinaloa, Juan Pablos Editor, Universidad Autónoma de Sinaloa.

INE, 2014, *La cuenca del río Balsas*, México, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

INEGI, 2013, *Metadatos y mapoteca digital*.

Karvonen, Andrew, 2011, *Politics of Urban Runoff: Nature, Technology and the Sustainable City (Urban and Industrial Environments)*, Massachusetts, MIT.

Kumar, Sujit, 2011, “AHP in assessing performance of diploma institutes -a case study”, Kolkata India, Jadavpur University, vol. 3, núm. 2, (s.p.).

Legorreta, J, 2006, *El agua y la Ciudad de México: de Tenochtitlan a la Megalópolis del siglo XII*, México, Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco

López, Juan [Tesis maestría], 2013, “*Manejo integral del agua pluvial en Tuxtla Gutiérrez, Chiapas*” Jiutepec, UNAM.

Martínez, Elena, 2007, “*Aplicación del proceso jerárquico de análisis en la selección de la localización de una PYME*”, *Anuario Jurídico y Económico Escurialense*, San Lorenzo, Real Centro Universitario.

Metabolismo Urbano [Blog], 2010, “Metabolismo Urbano”, en <http://metabolismourbanopmfs1.blogspot.mx/> , consultado el 10 de enero 2014.

Monroy, Rafael, 2006, “El agua en Cuernavaca. La ruta de la Insustentabilidad”, *Revista Economía Informa*, México, Universidad Nacional Autónoma de México, vol. 21, núm. 339, marzo-abril, pp. 46-57

Monroy, Rafael, 2011, “La Agenda Urbana en Morelos, El problema del mismo programa para condiciones diferenciales”, *Redalyc*, México, Universidad Autónoma del Estado de México, Quivera, vol. 13, núm. 2, julio-diciembre, pp. 259-279.

- Morales, Jorge y Rodríguez, Liliana, 2009, “Política Hídrica en la Zona Metropolitana del Valle de México y Riesgos para suministrar agua al uso doméstico e industrial”, en Montero, Delia *et al.*, *Innovación tecnológica, cultura y gestión del agua, Nuevos restos del agua en el Valle de México*, México, Universidad Autónoma Metropolitana, Miguel Ángel Porrúa, pp. 21-53
- Novotny, Vladimir; Ahern, Jack y Brown, Paul, 2010, *Water Centric Sustainable Communities: Planning, Retrofitting and Building the Next Urban Environment*. New Jersey, John Wiley and Sons.
- Ochoa, Paul, 2008, *Tutorial de prácticas ArcGIS Versión 9.2*, Ecuador, Universidad del Azuay
- Ortega, Martín y Berber, J., 2007, “Método multicriterio para apoyo a la planificación hídrica”, *Observatorio medioambiental OAI*, Guadalquivir España, núm. 10 pp. 57-77
- Rodríguez, Joseba, 2006, *Sistemas Urbanos de Drenajes Sostenibles (SUDS)*, España, Universidad de Cantabria
- Rodríguez, Manuel. *et al.*, 2014, *Estudio de riesgos de inundaciones en zonas urbanas de la República Mexicana*. Fondo Sectorial de Investigación y Desarrollo sobre el Agua, México, CONAGUA-CONAYT, Subcoordinación de hidráulica urbana, IMTA (en proceso)
- Rogers, R., 2008, *Ciudades para un pequeño planeta*, Barcelona, Gustavo Gili.
- Rosales Verónica; Jiménez Sánchez y Pedro Leobardo, 2011, “*Sustentabilidad urbana*”, *Planteamientos teóricos y conceptuales*, Toluca, Quivera, vol 13, núm 1, (s.p.).
- SAGARPA, 2008, *Proyecto Estratégico para la Seguridad Alimentaria, Sistemas de captación y almacenamiento de agua en el hogar*. México, (s.e.).
- Sánchez, Gabriel, 2003, *Técnicas participantes para la planeación: Procesos breves de intervención*. México, Fundación ICA
- Sánchez Narez, Ana [Entrevista], 2014, por Juan Figueroa [Trabajo de campo], *Medidas de gestión para el ahorro del agua*, Cuernavaca.
- SAPAC, 2008, “Informe de resultado de la revisión de la cuenta pública del Sistema de agua potable y alcantarillado del municipio de Cuernavaca (SAPAC); Auditoría especial

del Empréstito de 70 millones de pesos (Ejercicio 2006)”, *Periódico Oficial*, Cuernavaca, 26 marzo, p. 23.

SAPAC, 2010, *Reglamento Interior del Sistema de Agua Potable y Alcantarillado del Municipio de Cuernavaca*, México, Consejería Jurídica, Gobierno del Estado de Morelos.

SAPAC, 2013, *Lista de información de Consumo de tomas, Extracción de pozos y Costo de plantas tratadoras*, por Juan Figueroa [Trabajo de campo], Cuernavaca Morelos.

Secretaría de desarrollo urbano y obras públicas, 2003, *Programa de Desarrollo Urbano Centro de Población del Municipio de Cuernavaca (PDUCPMC)*, Cuernavaca Morelos.

Secretaría de desarrollo urbano y obras públicas, 2006, *Programa de Desarrollo Urbano Centro de Población del Municipio de Cuernavaca (PDUCPMC)*, Cuernavaca Morelos.

SEMARNAT, 2010, *Manual de Sistemas de Manejo Ambiental (MSMA)*, México.

UAH, 2013, “Módulos de Introducción a Sistema de Información Geográfica (SIG)”, Universidad Alberto Hurtado, Santiago de Chile, en <http://www.geogra.uah.es/gisweb/1modulosespanyol/IntroduccionSIG/GISModule/GISTheory.htm>, consultado el 17 de mayo 2014. UN HABITAT, 2007, *State of the World's Cities*, Reino Unido, Earthscan.

UN HABITAT, 2009, *Planning Sustainable Cities: Policy Directions Global Report on Human Settlements*, London, Abridged.

Valicelli, Liana y Rubén, Pesci, 2002, *Las Nuevas funciones urbanas: Gestión para la ciudad sostenible*, Santiago, Naciones Unidas.