Benemérita Universidad Autónoma de Puebla
Facultad de Arquitectura
Centro de Investigación y Posgrado Integral en
Diseño, Arquitectura y Urbanismo

Tesis:

El aprovechamiento del agua en el ecosistema urbano de Chilpancingo, Gro.

Que para optar por el grado de
Maestro en Ordenamiento del Territorio
Presenta:

Arq. Urb. Dante Lucena Tapia

Directora de Tesis:
Dra. María Blanca Rosa Téllez Morales

Lectores de Tesis
Dra. María de Lourdes Flores Lucero
Dra. Guadalupe María Milián y Ávila
Mtra. Sonia Rocío Tapia Osorio

Investigación realizada en el marco del CA BUAP 118

Ciudad Universitaria, Puebla, Pue., México, septiembre 2014

Índice

Introducción 3

Capítulo 1. El aprovechamiento del agua en el ecosistema urbano: bases para su aplicación en Chilpancingo 8

1.1. Ecosistemas Urbanos 9

1.2. El metabolismo Urbano 14

1.3. El aprovechamiento del agua en el metabolismo urbano 18

1.4. El socio-ecosistema urbano 21

1.5. La sustentabilidad en el ecosistema urbano 23

1.6. Conclusiones del capítulo 1 24

Capítulo 2. El ecosistema urbano en estudio: la micro-región de Chilpancingo 25

2.1. El área de estudio desde las cuencas de agua y su gestión institucional 26

2.1.1. Fundamentos para la delimitación del área de estudio: físicos y de gestión 26

2.1.1. La micro-región de Chilpancingo: área para el estudio del aprovechamiento sustentable del agua en el ecosistema urbano 27

2.2. Condiciones naturales de la micro-región de Chilpancingo para el aprovechamiento del agua 31

2.2.1. Topografía que alimenta un flujo hídrico continuo y veloz 31

2.2.2. Geología que dificulta la permeabilidad del vaso 33

2.2.3. Vegetación y su papel fundamental en el ciclo del agua 34

2.2.4. Restricciones edafológicas para el aprovechamiento del agua 36

2.2.5. Factores climáticos que propician la abundancia de agua 38

2.3. Balance hídrico de la micro-región natural 39

2.4. Conclusiones del capítulo 2 44

Capítulo 3. El Aprovechamiento del agua en el Metabolismo Urbano de Chilpancingo 45

3.1. Factores socio-económicos de consumidores de agua en la ciudad 46

3.1.1. Disminución tendencial del crecimiento poblacional 46
3.1.2. Perfil poblacional dominante en fase productiva 47
3.1.3. Tendencia poblacional a futuro a la baja 48
3.1.4. El sector terciario aumenta en la economía urbana 49
3.1.5. Población predominante con ingresos bajos y limitada capacidad de pago 52
3.2. El proceso de aprovechamiento del agua en la ciudad 54
3.2.1. Fuentes de abastecimiento y captación: internas y externas 55
3.2.1.1. Deficiencias en las condiciones de operación 57
3.2.1.2. Líneas de conducción insuficientes para el funcionamiento actual convencional 57
3.2.1.3. Fuentes de abastecimiento de un sistema convencional no sustentable 60
3.2.2. Rezago y mala calidad en el abasto de agua a toda la ciudad 62
3.2.3. Disposición final de aguas servidas que contaminan el rio Huacapa 67
3.2.4. Ausencia de tratamiento y re-uso del agua 70
3.2.5. Aumento de la población y aumento de la demanda de agua y cantidad de residuos líquidos 71
3.2.6. Previsiones de la CAPACH para el manejo de agua potable y su tratamiento tratando de resolver los problemas de un sistema de agua convencional e insustentable 73
3.2.6.1. Agua potable 73
3.2.6.2. Sistema de tratamiento 76
3.3. Balance entre la demanda actual y futura y la capacidad hídrica de la micro-región para satisfacerla 78
3.4. Conclusiones del capítulo 3 79

Conclusiones 81
Conclusiones y recomendaciones 82

Bibliografía 86

Introducción

La Ciudad de Chilpancingo posee un sinfín de problemas de toda índole, entre los que destacan: la escasez de agua, la falta de tratamiento de las aguas servidas y la consiguiente contaminación del cauce principal que atraviesa la ciudad, el crecimiento de la zona urbana hacia zonas no aptas debido a las fuertes pendientes y al riesgo de deslizamiento de tierras, el deterioro ecológico de las zonas intra e interurbanas provocadas por el proceso de urbanización, el aumento del impacto sobre el sistema natural de la subcuenca hidrográfica, un problema de tráfico de vehículos que se agudiza, etc. Para el caso de estudio el problema a analizar será el aprovechamiento del agua, explicándolo como un proceso de metabolismo urbano.

Parte fundamental en el desarrollo de un trabajo de investigación es la provisión antecedente de un marco teórico y herramientas metodológicas que permitan construir el campo de explicación teórico y espacial.

Primeramente la ciudad se estudia con enfoque ecológico, el concepto de ecosistema urbano considera a la ciudad como uno más de los ecosistemas que existen en la biosfera, con diferencias propias de los sistemas antrópicos. De esta consideración la ciudad se convierte en un ente dinámico que consume y procesa grandes cantidades de materia, energía e información. Este proceso de consumo se describe como metabolismo urbano y es el proceso que define el aprovechamiento del recurso hídrico. Dentro del metabolismo urbano, el agua se constituye como un recurso indispensable para el funcionamiento y vida de y en las ciudades.

El aprovechamiento del agua en la ciudad, se construye a partir de consideraciones urbano-ecológicas y es parte esencial dentro de los procesos vitales de los sistemas urbanos. A partir de la comprensión del funcionamiento del metabolismo urbano y el uso y consumo del agua se intenta generar una perspectiva sustentable en la gestión del recurso hídrico en la ciudad y su entorno.

El objetivo de este trabajo es hacer un primer acercamiento en la comprensión del funcionamiento de las ciudades como ecosistemas urbanos. La meta es realizar un estudio de la Ciudad Chilpancingo de los Bravo, Gro, desde un enfoque ecosistémico para describir los factores del metabolismo urbano de esta ciudad con el fin de comprender mejor el uso actual del recurso agua y proponer algunas alternativas para su mejor aprovechamiento.

En México, los pocos estudios sobre ecología urbana son meramente descriptivos de los espacios verdes intraurbanos y la fauna, o en algunos casos, realizan analogías ecosistémicas sociológicas. El reto para analizar cualquier ciudad de México, nos lleva a reconocer, interpretar y analizar las características propias de la ciudad en cuestión y ser muy cuidadosos en la explicación y aplicación de indicadores sobre Ecología Urbana retomada en muchas ocasiones de estudios extranjeros. El estudio de las ciudades como ecosistemas no es algo nuevo, una de las mayores dificultades que se encuentran es su carácter interdisciplinario.

En nuestro caso de estudio, el deficiente aprovechamiento del recurso agua, genera un problema relacionado con la falta de una visión integral en el aprovechamiento del recurso que al realizarse de una forma reduccionista y parcializada deja de lado factores de relevancia para la correcta gestión del recurso en la ciudad y la microregión.

El problema de nuestro caso de estudio empieza en la decreciente disponibilidad y calidad del recurso; luego sigue con la distribución, donde una cantidad importante de agua se fuga por el mal estado en que se encuentra la infraestructura, tanto de abastecimiento (a cargo del Ayuntamiento) como de tipo domiciliario (que es responsabilidad del usuario). El último factor es la disposición final de las aguas servidas, que sin ningún tipo de tratamiento es vertido tanto al principal río de la ciudad, como a sus afluentes, ocasionando la pérdida de ciertos volúmenes que podrían ser utilizados para disminuir la demanda y la ingente contaminación de los cuerpos de agua superficiales y subterráneos.

Este problema tiende a agravarse debido a que la ciudad sigue creciendo y no se han tomado las medidas necesarias para solucionar los problemas actuales en cuanto al aprovechamiento del agua se refiere y no se ha previsto la demanda del recurso de la población futura.

La posibilidad de una solución de fondo, sólo puede venir de una visión que analice los diferentes componentes y actores desde una perspectiva integral, por lo que este estudio empleará un enfoque ecosistémico para integrar, en la medida de lo posible, algunas variables que no han sido tomadas en cuenta.

En el capítulo 1 se revisa el estudio y la discusión que se ha hecho sobre el tema: el ecosistema urbano, el metabolismo urbano y el aprovechamiento del agua en los contextos anteriores. Se presenta una revisión teórica histórica de la ciudad y su relación con el medio ambiente. La ecología urbana, es la disciplina que nos aproxima al estudio de la ciudad como un ecosistema urbano, enfoque necesario para entender el proceso de metabolismo urbano y el aprovechamiento del agua como parte de este proceso.

En el Capítulo 2 del Análisis Microregional enfatiza la necesidad de revisar el medio físico-espacial en donde se asienta la Ciudad de Chilpancingo, partiendo de que la ciudad presenta una alta dependencia con su medio para su supervivencia. Se analizan los elementos agua, suelo, topografía, vegetación, clima, entre otros, para determinar en forma general la potencialidad de la cuenca para satisfacer la demanda de agua en la ciudad. Se revisan además los límites hidrográficos administrativos establecidos para la gestión del agua y la inserción del área de estudio dentro de estas delimitaciones.

En el Capítulo 3 el Análisis del aprovechamiento del agua en el metabolismo urbano de Chilpancingo, se revisan los aspectos socioeconómicos y demográficos de la urbe, para dar un panorama general de la situación actual y su repercusión en el aprovechamiento del recurso.

Para el estudio del metabolismo del agua en el ecosistema urbano de Chilpancingo, se proponen las siguientes etapas: 1) extracción y captación; 2) distribución y consumo 3) disposición final; y 4) tratamiento y/o reuso. En cada etapa se analizan aspectos

socioespaciales que nos indican las formas de aprovechamiento del recurso hídrico y su problemática.

El Capítulo VI, Conclusiones y recomendaciones, se hace una revisión general del trabajo y se enfatiza en la propuesta metodológica que se desarrolló para analizar la problemática del agua en la ciudad de Chilpancingo. Se establecen recomendaciones generales para empezar con la sustentabilidad de los procesos urbanos en la ciudad, además se proponen algunas recomendaciones desde sus formas particulares hasta una visión integral para dar solución al problema del agua en la Ciudad de Chilpancingo.

Planteamiento del problema

El uso del agua en la Ciudad de Chilpancingo enfrenta una serie de problemas que no han tenido una solución integral debido a que no se considerado el aprovechamiento como un proceso urbano en interrelación con su medio natural y artificial.

Para lograr una visión integral en el proceso de aprovechamiento del agua en la urbe, hace falta primeramente tener un enfoque que nos permita entender las partes del proceso y su vinculación con el medio ambiente principalmente. Para lo anterior se tiene que desarrollar un marco teórico que nos permita ir construyendo y encontrando posibles soluciones en distintos pasos del proceso de aprovechamiento del recurso agua para hacerlo sustentable

Objetivo general

Analizar el actual aprovechamiento del agua como parte de un proceso de metabolismo urbano de la ciudad de Chilpancingo para propiciar un aprovechamiento integral y sustentable a escala urbana y de microcuenca.

Objetivos particulares:

- Elaborar un marco teórico que nos permita explicar a la ciudad como un ecosistema urbano, su metabolismo interno y el proceso de aprovechamiento del agua en la ciudad.

- Describir el comportamiento hidrológico y su relación con los factores naturales a escala microcuenca en el que se encuentra el ecosistema urbano de Chilpancingo.

- Describir el aprovechamiento del recurso hídrico en su proceso de captación, distribución, uso y consumo, disposición, tratamiento y reutilización dentro del proceso metabólico urbano de Chilpancingo.

- Elaborar recomendaciones desde un enfoque ecosistémico para el aprovechamiento integral del recurso agua en el ecosistema urbano de Chilpancingo y la microregión en la que se asienta.

Preguntas conductoras

¿Qué significa analizar la ciudad desde un enfoque urbano-ecosistémico?

¿De qué forma los factores físico-naturales de suelo, vegetación, geomorfológicos y climáticos configuran el comportamiento hidrológico de la microregión en la que se encuentra la ciudad de Chilpancingo?

¿Cómo se explica el proceso de aprovechamiento del agua en la ciudad de Chilpancingo desde un enfoque urbano-ecosistémico y desde la perspectiva del metabolismo urbano?

¿Cuáles serían las recomendaciones, desde un enfoque ecosistémico para lograr un aprovechamiento integral del recurso agua en la ciudad de Chilpancingo y su microregión con miras hacia la sustentabilidad?

Hipótesis

1. La estructura físico-geográfica, de vegetación, suelo y clima de la microrregión en donde se emplaza la Ciudad de Chilpancingo que se define como un valle estrecho flaqueado por dos elevaciones montañosas, la configuran como una zona de alta energía, en donde por el régimen pluvial prevaleciente y balance hídrico, nos permiten aprovechar cantidades de agua suficientes para satisfacer la demanda de la población actual y futura además de reducir la importación de agua de otras regiones naturales.

2. El análisis de las etapas del aprovechamiento del agua desde una perspectiva del metabolismo urbano, en sus etapas de extracción, captación, distribución, consumo y disposición final, sus formas de uso y consumo y las características socioespaciales de la ciudad, nos permitirá, además de una visión integral, entender y corregir puntos de conflicto, para empezar a atender la problemática del agua en la ciudad con un enfoque sustentable.

Metodología

Para el análisis del metabolismo urbano del agua la construcción metodológica es de suma importancia. Tomaremos entonces las siguientes consideraciones:

a) No se encontró una metodología específica para realizar el estudio del metabolismo urbano y el aprovechamiento del agua en otra ciudad para aplicarla en nuestro caso en la ciudad de Chilpancingo. Con lo anterior la construcción de la metodología toma sus bases en una aproximación desde la ecología urbana. En la actualidad, con las tendencias de reivindicación del hombre con la naturaleza, se retoma el enfoque ecológico en el estudio de la ciudad, de esta forma, para el tema a desarrollar y el caso específico de Chilpancingo, los fundamentos teóricos y metodológicos, se van desarrollando a lo largo del trabajo.

b) En el estudio del aprovechamiento del agua en el metabolismo urbano, enmarcamos a la ciudad como un ecosistema urbano, además dentro de este ecosistema antrópico, se desarrolla un metabolismo que le confiere vida y dinamismo a la ciudad. A partir de la desagregación de los procesos que intervienen en el metabolismo urbano, retomamos solamente el del aprovechamiento del agua.
c) En el desglose del aprovechamiento del agua en el metabolismo urbano de Chilpancingo, las principales etapas del proceso son las siguientes: 1) extracción y captación; 2) distribución y consumo 3) disposición; y 4) tratamiento y/o reuso. La revisión de cada una de las etapas anteriores nos dará la pauta, para encontrar primero la problemática específica y sus posibles soluciones, y segundo, lograr una visión integral de la problemática general para el aprovechamiento sustentable del agua, siempre contenidos en un marco de preponderar las relaciones ecológicas que se dan dentro y fuera de la ciudad.
d) De lo anterior delimitamos dos marcos de actuación espacial, considerando que el ecosistema urbano es un sistema abierto con alta interacción con su medio, por lo tanto, la ciudad de Chilpancingo la situamos dentro de una microregión natural que corresponde a la unión de tres microcuencas que especificaremos en el desarrollo del trabajo, a partir de establecer una delimitación microregional. El segundo marco, se enfoca más hacia la parte propiamente urbana, en donde el metabolismo urbano se expresa con mayor fuerza.
e) Una vez realizado el análisis de las etapas del proceso del aprovechamiento del agua, se establecen recomendaciones para hacer más eficiente el servicio y se hace una revisión acerca de la propuesta teórico metodológica que se desarrolla a lo largo del trabajo, con la finalidad de establecer algunos parámetros que permitan encaminar a la ciudad capital del Estado de Guerrero a un proceso de sustentabilidad urbana en lo referente al aprovechamiento del agua.

Capítulo I

El aprovechamiento del agua en el ecosistema urbano: bases para su aplicación en Chilpancingo

1.1. Ecosistemas urbanos

La teoría ecosistémica o de los sistemas ecológicos es la base teórica y explicativa del funcionamiento de los ecosistemas naturales. A partir de asumir que las ciudades son ecosistemas, con características muy específicas, se explican relaciones y características encontradas en los sistemas naturales y su correspondiente urbano.

La Organización de las Naciones Unidas (ONU) tiene una definición para estos Ecosistemas: Una Comunidad Biológica donde los humanos representan la especie dominante o clave y donde el medioambiente edificado constituye el elemento que controla la estructura física del ecosistema.

Un sistema se entiende formado por elementos y por las interacciones que ponen en relación unos elementos con otros. Cuando un sistema cuenta con organismos vivos se llama ecosistema. En el caso que nos ocupa al sistema le llamamos "ciudad" y dado que el principal componente de la ciudad es el hombre (un organismo vivo), queda claro que los sistemas urbanos también son un ecosistema[1]

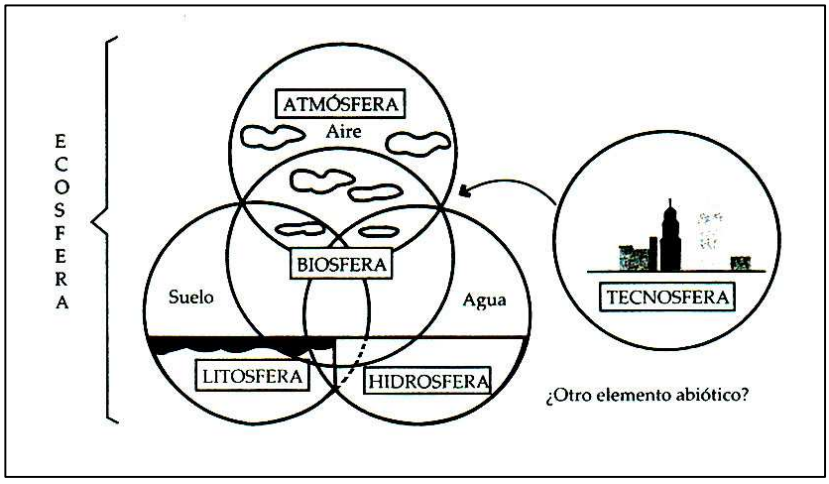
Los Ecosistemas urbanos –ciudades y suburbios- son áreas que consisten en un gran número de personas que viven en proximidad. Este espacio sirve como centro de actividades habitacionales y comerciales. Los ecosistemas urbanos tienen las mismas formas básicas de interacciones que otros ecosistemas, pero estas interacciones son muy afectadas no solo por la parte construida y la energía importada, sino también por la cultura, organización social y actividades económicas de la sociedad. Así las ciudades, son algo más complicado (complejo) que los ecosistemas naturales.

Para Garza y González las ciudades modernas son el logro más importante de una sucesión de civilizaciones (Enkerlin; 2000, 102); son una síntesis especial de un número de diferentes funciones sociales que de algún modo deben ser integrados completamente. Las ciudades constituyen un ambiente creado enteramente para la forma humana; pero a pesar de la naturaleza sintética de su ambiente, se caracterizan por tener funciones paralelas a las ecológicas encontradas en los ecosistemas naturales. Para estos autores dentro de los principales componentes de la exosfera y biosfera, quizá sea necesario integrar otro componente abiótico al concepto general de ecosistema y este debe ser el de tecnosfera (el mundo de la invenciones y la cultura humana) *ver fig. 1*

En un ámbito global sería valida la integración de las ciudades (tecnosfera) como un componente de la biosfera junto con la atmósfera, la litosfera y la hidrósfera, por el impacto que han causado en el ambiente global. Sin embargo, dentro de un análisis más concreto de las ciudades como ecosistemas urbanos, se estudian con los elementos aire, agua y suelo como constituyentes principales en su soporte ecológico (físico-biológico)

[1] Rueda Salvador. La Construcción de la Ciudad Sostenible > http://habitat.aq.upm.es/cs/p2/a009.html

Fig 1. La ecosfera y sus elementos constitutivos



Fuente: Enkerlin; 2000, 102

Según Terrile, los Ecosistemas Urbanos cubren actualmente cerca de un 4% de la superficie de la Tierra (mas de 471 millones de hectáreas) lo que supone cuatro veces más que los ecosistemas de agua dulce, por ejemplo. En ellos viven casi 2.700 millones de personas convirtiéndose en los espacios más importantes del planeta en materia de bienestar, productividad e impacto ecológico.[2]

Algunos estudios han revelado que las ciudades modernas tienen una Huella Ecológica (Área terrestre que se requiere para mantener a cualquier población dada) que supera de 50 a 125 veces el área de la misma metrópoli.[3]

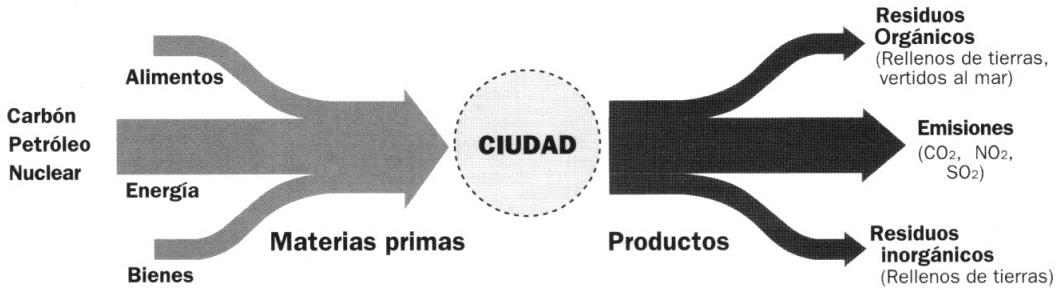
La ciudad puede ser vista como un ecosistema, siendo el hombre y sus sociedades subsistemas del mismo. Contiene una comunidad de organismos vivos, un medio físico que se va transformando fruto de la actividad interna y un funcionamiento en base a intercambios de materia, energía e información. Una de sus principales particularidades reside en los grandes recorridos que deben hacer muchos de sus recursos como el agua, los alimentos, la electricidad y el combustible. Las ciudades son capaces de explotar otros ecosistemas lejanos y provocar importantes desequilibrios territoriales, generando enormes cantidades de residuos que no son absorbidos totalmente ni por el ecosistema urbano ni por los ecosistemas naturales adyacentes que funcionan como sumideros.

Hacer la comparativa de las ciudades con ecosistemas naturales, nos permitirá entender los procesos metabólicos intraurbanos y la relación que guardan las ciudades con su entorno (hinterland). Además nos permitirá analizar las diferencias entre ecosistemas naturales y urbanos, por ejemplo: el modelo de intercambio de materia y energía de una ciudad es opuesto al de un ecosistema natural, ya que en éstos, los ciclos son muy cortos

[2] Mariano S., Raúl Terrile R. Gestión de residuos sólidos en la Agricultura Urbana.http://www.cepis.ops-oms.org/es.
[3] Idem

y el transporte de materias y energía es eminentemente vertical y cíclico. La ciudad crea sus propias condiciones ambientales y sociales, y los ciclos de materia y de energía son casi siempre lineales y no cíclicos con un alto grado de residuos y contaminación (Rogers; 2000, 30). *Ver fig. 2.*

Fig. 2 Ciudades de metabolismo lineal



Fuente: Rogers; 2000, 31

El ecosistema urbano no se debe reducir a la explicación y análisis de sus componentes físicos y biológicos. Debido a la evolución del hombre desde su ámbito individual-biológico y colectivo-social, surgen otros factores de análisis importantes para llegar a entender de manera holística el comportamiento de los ecosistemas urbanos.

Una de los factores determinantes en el uso y apropiación de recursos y energía por los ecosistemas urbanos es su carácter cultural. En los sistemas naturales el uso de recursos está limitado básicamente a lo estrictamente necesario para la supervivencia y perpetuidad de las poblaciones, resultando en un equilibrio sorprendente en la distribución y cantidad de recursos de los ecosistemas. En los sistemas antrópicos, principalmente las ciudades, la forma de consumo cultural está básicamente determinada por aspiraciones no elementales de supervivencia, en su mayoría formas de consumo cultural “creadas” a partir de producir y reproducir al “subsistema económico”. Lo importante es hacer más eficientes los procesos dentro del ecosistema urbano a partir de la racionalización en el uso de los recursos naturales que sustentan a las ciudades que sería una forma de reivindicación con nuestro ambiente. Un paso básico es el manejo de la información compleja, en un sentido sería la integración interdisciplinaria en la explicación y prospección de los ecosistemas urbanos, tomando en cuenta la mayoría de los factores que explican los consumos de la población humana y sus formas de expresión espacial.

Dos características importantes de los ecosistemas urbanos son las siguientes:

1. Son sistemas producto de su historia; aceptados la evolución y la sucesión (Margalef; 2002,83) los ecosistemas urbanos no pueden explicar sus realidades únicamente haciendo un corte transversal en el tiempo. Las ciudades tienen una evolución histórica que tiene fundamentos en las formas físico-naturales que la determinan y en las formas de apropiación cultural de los recursos naturales, que

terminan configurando el espacio específico de cada ciudad. La sucesión parte de considerar a las ciudades como sistemas abiertos, que se van adaptando a los cambios tanto externos, como los propios de la evolución del subsistema social. La sucesión de los ecosistemas urbanos es una característica de suma importancia, para explicar el crecimiento acelerado que han tenido las ciudades en los últimos 200 años. La sucesión además marca una gran diferencia entre los sistemas naturales y el sistema urbano, en las ciudades, las sucesiones se dan en tiempos relativamente cortos y presentan mayores grados de complejidad, siempre a costa del deterioro de los sistemas naturales.

2. Los sistemas son dinámicos; la referencia anterior nos conduce hasta aquí. Un sistema en constante evolución y sucesión no se detiene en un estadio de equilibrio por mucho tiempo, a costa de una cuantiosa cantidad de recursos que consume, además de tener equilibrios muy frágiles. A partir de la explicación histórica, se descubre la realidad actual y se pueden crear sistemas dinámicos de prospección. Los modelos que se obtengan y su capacidad de esquematización de escenarios futuros parten de una determinación inteligente y concreta en el desarrollo de indicadores. Una parte importante del estudio de la ciudad como ecosistema, es precisamente, la formulación de escenarios prospectivos e integrales que nos permitan visualizar las consecuencias de las acciones presentes en un marco para impulsar el desarrollo urbano sustentable.

En 1963 Odum describió a la ciudad como un ecosistema **heterótrofo** (Tabla 1) altamente dependiente de los flujos de materia, energía e información que provienen del ambiente exterior, además de ser una entidad de alto consumo de energía (Odum, 1978; 26)

Tabla 1. Consumo de energía de diferentes ecosistemas

	Flujo anual de energía (nivel de trabajo realizado) kilocalorías por metro cuadrado
1. **Ecosistemas Naturales No Subsidiados, Impulsados por Energía Solar.** Ejemplos: el piélago, bosques de zonas altas. Estos sistemas constituyen el módulo de la nave espacial terrestre que mantiene los fundamentos de la vida.	1 000 — 10 000 (2 000) a
2. **Ecosistemas Naturales Subsidiados, Impulsados por Energía Solar.** Ejemplos: estuario de marea, algunas selvas tropicales. Desde luego, éstos son los sistemas productivos de la naturaleza que no solamente tienen una enorme capacidad de mantenimiento vital, sino que además producen un exceso de materia orgánica que se almacena, o bien, puede ser transferida a otros sistemas.	10 000 — 40 000 (20 000) a
3. **Ecosistemas Humanos Subsidiados, Impulsados por Energía Solar.** Ejemplos: agricultura, acuicultura. Estos son sistemas productores de alimento y de fibras, mantenidos por un combustible auxiliar o cualquier otro tipo de energía suministrada por el hombre.	10 000 — 40 000 (20 000) a
4. **Sistemas Urbano-Industriales, Impulsados por Combustibles.** Ejemplos: ciudades, ciudades satélites, parques industriales. Estos son sistemas generadores de bienestar (y también de contaminación), en los cuales los combustibles reemplazan al Sol como fuente principal de energía. Estos además dependen (algo así como si fueran parásitos) de los tipos 1-3 para su mantenimiento vital y para el suministro de alimento y de combustible.	100 000 — 3 000 000 (2 000 000) a

a Entre paréntesis se anotan los promedios estimados en números redondos. Realmente, son un poco más que conjeturas, ya que todavía no se ha llevado a cabo un inventario, con suficiente profundidad, de los ecosistemas del planeta para estar en posibilidad de calcular los promedios reales.

Fuente: Odum; 1978, 27

Los ecosistemas urbanos (urbano-Industriales en la tabla anterior) son sistemas subsidiados con un alto consumo de energía que proviene principalmente de combustibles fósiles (hidrocarburos, carbón) en la que la energía solar es escasamente aprovechada, de hecho genera un problema para el microclima de las ciudades debido al alto porcentaje de espacio construido que retiene el calor. La cantidad de energía consumida en kilocalorías por m^2 se estima mil veces mayor en los ecosistemas urbanos que en los ecosistemas naturales

Además de no producir los insumos que consume y presentar una alta tasa de consumo, los ecosistemas urbanos son altamente **disipativos**. Según al primer principio de la termodinámica todos los ecosistemas son subsidiados en cuanto a la energía y otros recursos. Y tomando en cuenta el segundo principio de la termodinámica, toda gasto energético nos lleva a procesos de continua degradación (entropía) En cualquier transformación energética una parte de la energía implicada se pierde en forma de energía térmica en forma de calor (Bettini; 1996, 110). Cualquier ecosistema que utilice más energía de la que recibe, tenderá a degradarse hasta llegar a su anulación o en estado de inactividad permanente (colapso) o en el mejor de los casos llegará a fusionarse con el sistema que lo contiene. La ciudad es un ecosistema sumamente abierto, en sentido estricto la gran diferencia que guarda con los sistemas naturales es que depende en un gran porcentaje de materia y energía del exterior y desecha al mismo

tiempo una gran cantidad de materia y energía producto de su metabolismo, con una eficiencia lejos de lo óptimo y con baja capacidad de recirculación.

De los enfoques de analizar a la ciudad como un ecosistema inició como una visión de la ciudad como un organismo con su propio proceso metabólico, la ciudad debía ser vista como un organismo con salidas y entradas que pueden ser cuantificadas[4]. La investigación del metabolismo urbano generó una visión holística de la ciudad como consumidor y digestor de recursos al mismo tiempo de generar productos de desecho. El estudio del metabolismo de la ciudad es parte fundamental para entender el "procesamiento" de materia, energía e información que se da dentro de los ecosistemas urbanos.

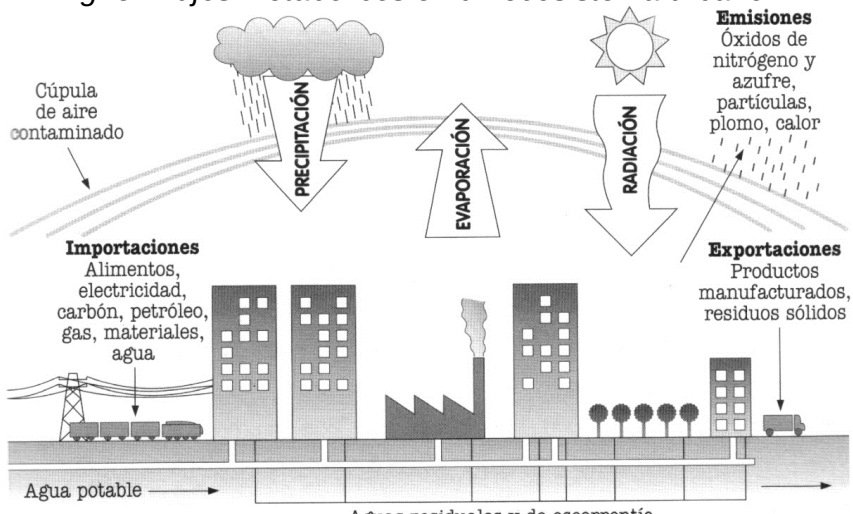
1.3. El metabolismo Urbano

La creciente comprensión por las ciencias naturales en función de un enfoque ecosistémico a sido una gran contribución para resolver problemas de sustentabilidad urbana.

Uno de los primeros modelos, en tiempos modernos, en el enfoques ecosistémico fue hecho por Abel Wolman quien en 1965 introdujo el concepto de metabolismo urbano y describía a la ciudad con flujos importantes de entradas y salidas (White; 2000, 13)

El metabolismo es definido como el conjunto de reacciones químicas y de transformaciones de energía que involucran la síntesis y degradación de moléculas en un organismo vivo (Curtis; 1989, 14). Para la ciudad, haciendo una analogía, se refiere a los flujos físicos dentro de la urbe (principalmente agua, comida y combustible), su transformación a través de su producción y consumo y la expulsión de desechos (aguas residuales, residuos sólidos y contaminantes del aire). *Ver fig. 3*

Fig. 3. Flujos metabólicos en un ecosistema urbano



Fuente: Terradas; 2001, 45

[4] Urban Ecosystem Analysis http://www.i as.unu.edu

Las ciudades, como otros conjuntos de organismos y ecosistemas, tienen un metabolismo definido, que consiste en el flujo de recursos y productos a través del sistema urbano en beneficio de la población urbana. Dado el gran número de ciudades existentes, sería aconsejable modelar las ciudades como el funcionamiento de los ecosistemas naturales, para asegurar su viabilidad en un largo plazo. Los sistemas naturales presentan esencialmente un metabolismo circular en el cual cada salida (output) que es liberada por un organismo se convierte en la entrada de otro lo cual renueva y sustenta la continuidad de la vida entera del ecosistema. La red completa de vida se mantiene como una cadena de beneficios mutuos a través del flujo de nutrientes que pasan de un organismo a otro. El metabolismo de la mayoría de las ciudades modernas, en contraste, es esencialmente lineal, con los recursos siendo absorbidos por el sistema urbano sin mucha preocupación acerca de su origen y el destino de los desechos, resultando en la descarga de grandes cantidades de productos incompatibles con los sistemas naturales que tienen que absolverlos. En la ciudad, las entradas y salidas están totalmente desconectadas. Los alimentos son importados a la ciudad, consumidos y descargados por los sistemas de desalojo en el entorno natural (Tabla 2). Las materias primas son extraídas de la naturaleza, combinadas y procesadas como bienes de consumo o insumos y finalmente los residuos terminan como basura que no puede ser reabsorbida por los ciclos naturales. Más a menudo, los desechos terminan en tiraderos donde el material orgánico se mezcla indiscriminadamente con inorgánicos y materiales peligrosos.

Tabla 2. Esquema de entradas y salidas del ecosistema urbano

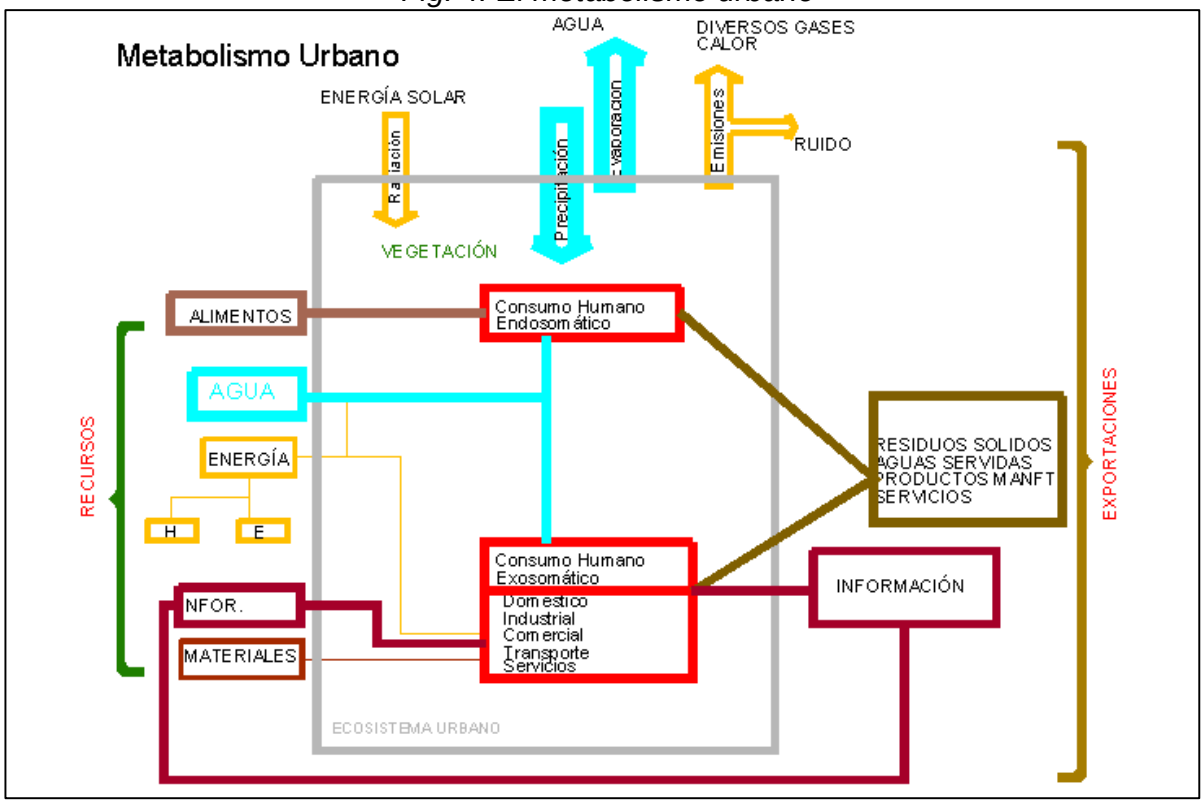
Entradas		**Metabolismo urbano** (procesos que el ecosistema urbano aplica internamente a la materia, energía e información que ingiere con el objetivo de mantener sus funciones vitales)		**Salidas**
Materia Energía Información *Alto grado de organización y complejidad* Desorganización de los ecosistemas de los que se toman los recursos	▶	*Sostenimiento de la estructura del sistema* (Producción de bienes y servicios, alimentación, riego de parques y jardines, higiene, evacuación de residuos, reparación de maquinaria, etc.) *Evolución del sistema* (Construcción de nuevas viviendas, ampliación de la explotación de los ecosistemas, aplicación de novedades tecnológicas, políticas públicas, etc.) *Desarrollo de la capacidad de* *anticipación de perturbaciones y evolución del ecosistema* (Inversión en educación e investigación, ampliación de la capacidad de tratamiento de la información, promoción los procesos culturales, etc.)	▶	Materia Energía Información *Bajo grado de organización y complejidad* Contribuye al aumento del nivel de entropía (grado de desorganización)

Elaboración a partir de: Rueda, S.: “La ciudad compacta y diversa frente a la conurbación difusa”, en *Ciudades para un futuro más sostenible*,

Las **necesidades metabólicas** de una ciudad son esencialmente de materiales, recursos, información y energía indispensables para las funciones primarias de su población: *habitar, trabajar, circular y recrearse*.

Para Terradas en el ecosistema urbano distinguimos dos tipos de metabolismo el extra o **exosomático** y el **endosomático**. Por metabolismo endosomático entendemos todos aquellos procesos de uso y transformación de los materiales y la energía que tiene lugar a través del cuerpo de los organismos que forman parte del ecosistema. En un ecosistema urbano la comida y líquidos que consumen sus habitantes (humanos y animales), la energía solar que fijan las plantas a través de la fotosíntesis y los residuos forman parte del metabolismo endosomático. Pero en una ciudad se utiliza mucho más energía que la que contienen los alimentos o la solar que fijan las plantas: existe la energía que se utiliza para el transporte, calefacción o refrigeración, etc., y muchos materiales más que sirven para construir las edificaciones urbanas, formas de comunicación y otras clases más de artefactos de uso diario. Todo esto constituye el metabolismo extra o exosomático. Cuando más desarrollada industrialmente es una sociedad, mayor será la diferencia entre ambas clases de metabolismo y más grandes son los impactos sobre los sistemas naturales principalmente de los que dependen los ecosistemas urbanos directamente (Terradas, 2001, 45)

Fig. 4. El metabolismo urbano



Fuente: elaboración propia basada en Terradas

Numerosos son los flujos y compartimientos, por lo que a menudo hay que simplificar. Importación y exportación son, en los ecosistemas urbanos, procesos mucho más grandes que en los demás tipos de ecosistemas.

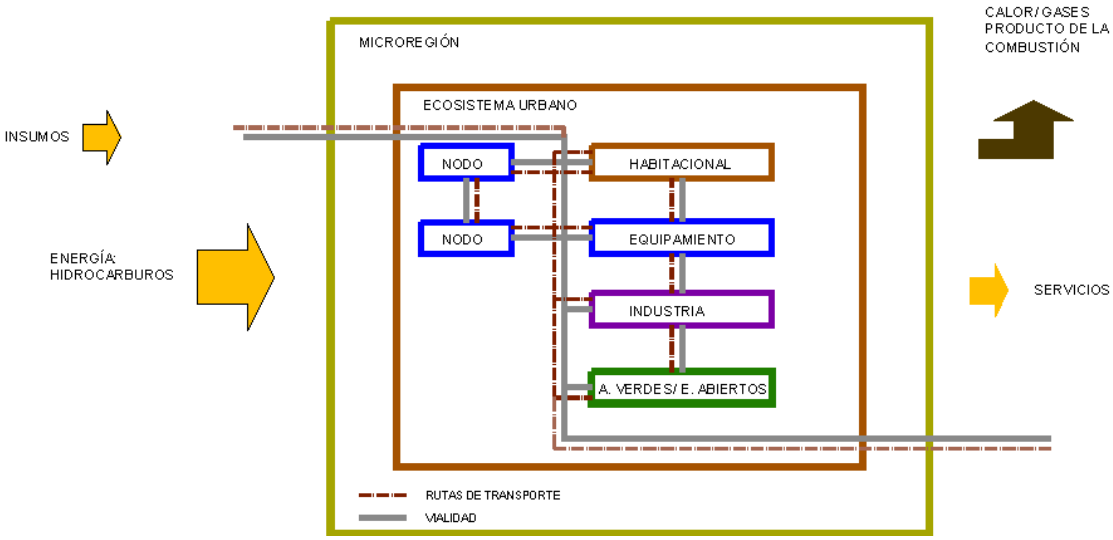
Diariamente penetra en la ciudad un importante flujo de alimentos y combustibles mediante el transporte; sus calorías vienen a sumarse a las procedentes de la energía solar, que apenas sirven para asegurar el movimiento interno del aire, la temperatura de la ciudad y el crecimiento en los espacios verdes.

Silenciosa e invisiblemente, penetra también un flujo de agua a través de las conducciones y sale por las cloacas. El consumo diario de agua por individuo puede estimarse en 250 litros en países desarrollados; el agua bebida está en promedio de unos dos litros, quedando la mayor parte para cocinar, regar, aseo personal y para limpieza.

Los combustibles fósiles y la electricidad sirven especialmente para las actividades industriales y de circulación. Se estima que la necesidad diaria de combustible es de 8 kg por ciudadano (para Londres); el 90 por ciento de estos combustibles se consume totalmente, transformándose en agua y anhídrido carbónico, y el 10 por ciento restante se transforma en sustancias contaminantes, por combustión incompleta.

Dentro del metabolismo urbano podemos ir separando varios de los procesos que se dan al interior del ecosistema urbano para un análisis más concreto del uso o consumo de un recurso en el espacio urbano. De igual forma se puede realizar una descripción de un subsistema con todos los elementos y procesos que intervienen en la complejidad de la dinámica del subsistema dado. Para el presente trabajo, empezaremos por la separación de los procesos metabólicos de la ciudad de acuerdo al recurso que se utilice. Como ejemplo está la energía que se utiliza dentro de la ciudad en el subsistema transporte. *Ver fig. 5*

Fig. 5. Metabolismo energético del subsistema transporte



Fuente: Elaboración propia

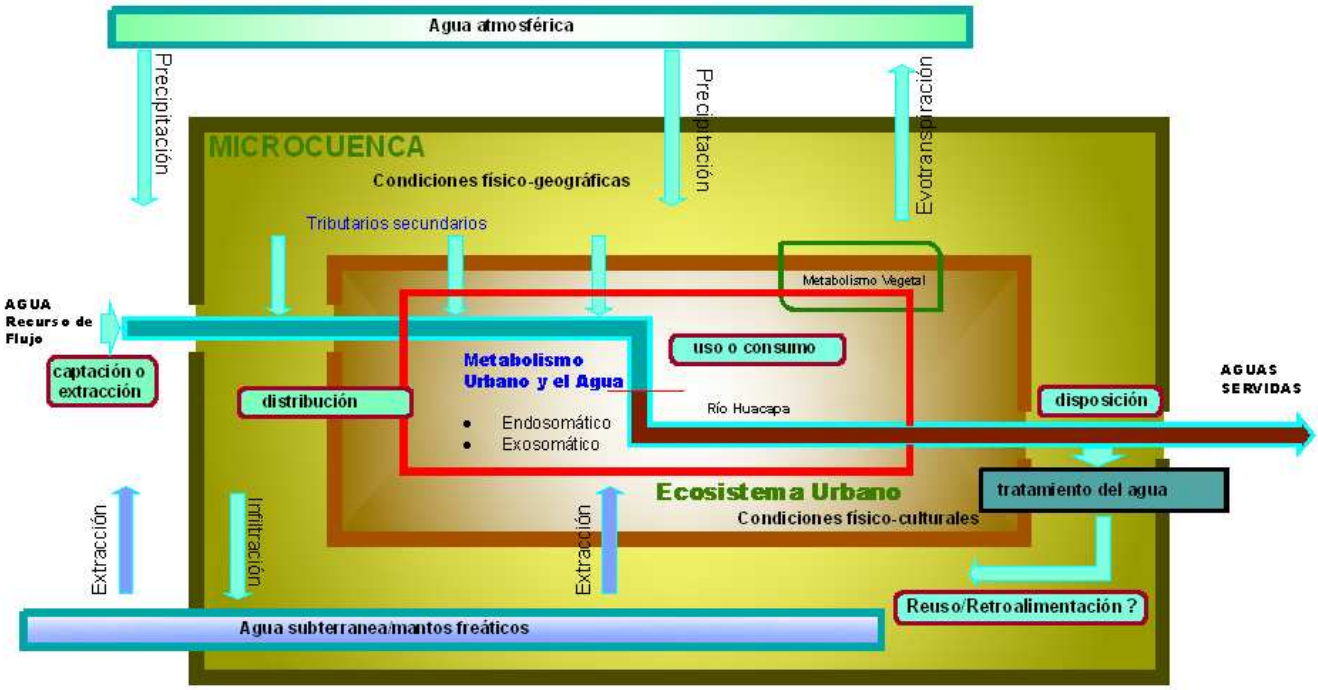
El esquema anterior nos muestra primero que el ecosistema urbano es abierto y que se encuentra dentro de un sistema mayor, en este caso una microregión natural cualquiera. Dentro del ecosistema urbano existe una estructura urbana física que se diferencia por un cierto tipo de actividad. Los espacios se encuentran vinculados a través del subsistema físico de la vialidad. El subsistema transporte hace uso de la vialidad para comunicar y transportar tanto insumos como personas enlazando los diferentes espacios y propiciando una dinámica dentro de la ciudad. El transporte utiliza energía para movilizarse, principalmente combustibles fósiles que al consumirse generan desechos de manera indirecta (calor y gases de combustión) y de forma directa generan servicios de traslado dentro y fuera de la ciudad.

El agua se constituye como un recurso fundamental dentro del metabolismo urbano, considerado como recurso de flujo, el agua no se pierde, pero si cambia sus propiedades al momento de su uso o consumo.

1.4. El aprovechamiento del agua en el metabolismo urbano.

El aprovechamiento del agua en el metabolismo urbano se refiere al proceso de uso y consumo del recurso por la población de una ciudad para diferentes actividades. El proceso empieza con una fuente de abastecimiento ya sea por extracción o captación, una conducción del líquido hasta la ciudad, la distribución del recurso dentro de la ciudad para su aprovechamiento y el traslado y la disposición final de las aguas servidas, su tratamiento y reuso en su caso.

Fig. 6. El proceso de aprovechamiento del agua en el metabolismo urbano de Chilpancingo y su microregión

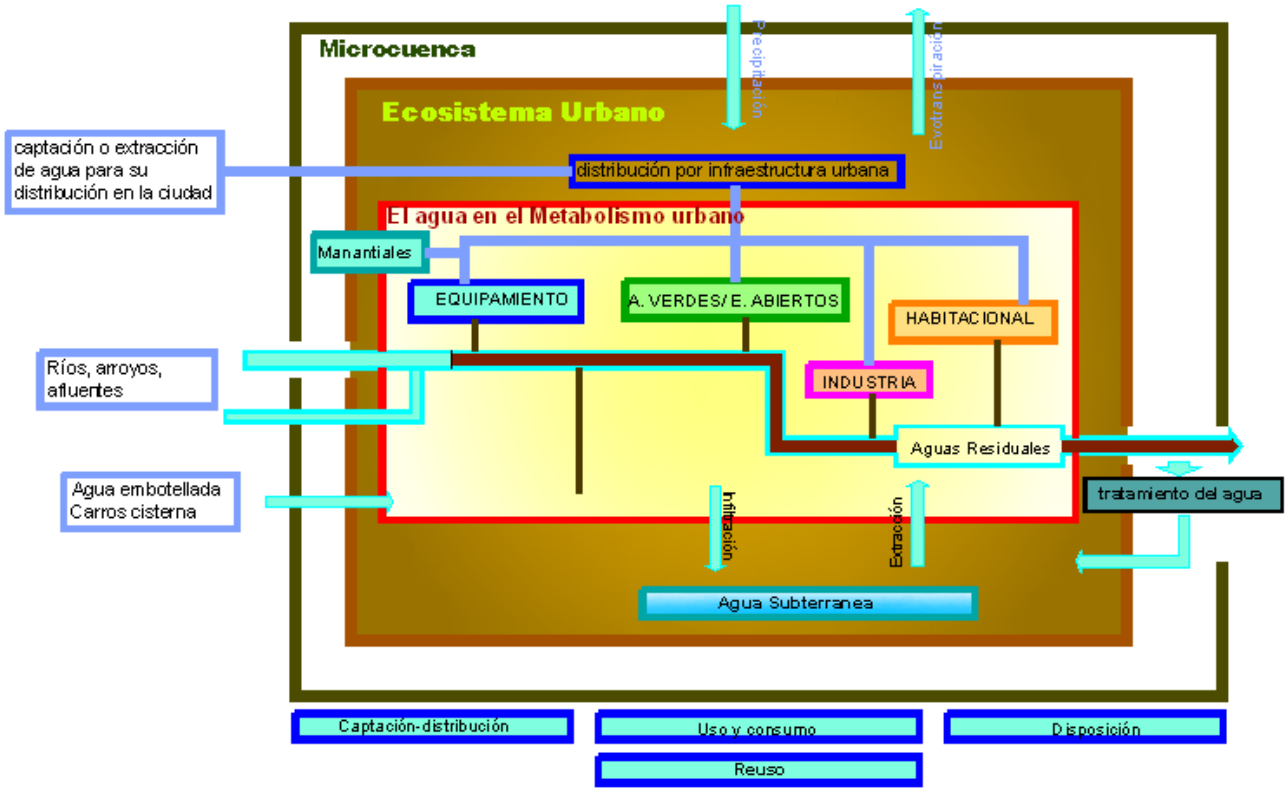


Fuente: Elaboración propia

En el diagrama anterior (*Ver fig. 6*) observamos el recorrido del agua dentro de la ciudad o ecosistema urbano. Considerando que el ecosistema urbano es un sistema abierto altamente dependiente de las importaciones del exterior para su supervivencia, es necesario incluirlo dentro de un sistema mayor, en este caso una región delimitada de acuerdo al criterio hidrológico. Para el caso del análisis del aprovechamiento del agua, el estudio de la región (microcuenca) que contiene a la ciudad es de suma importancia. Los ciclos hidrológicos no pueden entenderse completamente sin analizar las características físico-geográficas (climáticas, hidrológicas, suelo, vegetación) de la región natural urbana. En cada caso de estudio tendrá que delimitarse claramente el espacio físico de la región natural urbana para no llegar a incluir regiones de gran tamaño que minimicen a la ciudad y sus procesos internos o demasiado pequeños que no permitan observar el entorno natural inmediato del comportamiento hidrológico.

El aprovechamiento del agua dentro de un proceso de metabolismo urbano se divide en dos tipos: el primero es de tipo **endosomático** que es propiamente el consumo individual de los seres vivos que habitan la ciudad y que sirve para la realización de las funciones vitales de los organismos, generalmente se le denomina **consumo** del agua; el segundo es de tipo **exosomático** y que tiene que ver con el uso externo, de carácter propiamente antrópico, generalmente se le denomina **uso**. Este uso permite primeramente labores individuales y domésticas (higiene personal, preparación de alimentos, higiene doméstica, etc.) y luego actividades que se desarrollan en la ciudad principalmente como medio para eliminar residuos o incorporarlos en la elaboración de productos, en procesos industriales y en servicios urbanos. Generalmente el agua es incorporada a la ciudad por medio de una red de infraestructura que se extiende en todo el entramado urbano y posteriormente se incorpora a red de desecho de las aguas servidas, red de drenaje y alcantarillado. El agua también se incorpora al ecosistema urbano por medio de su ciclo natural (lluvia, nieve, neblina, etc). Existen los cuerpos de agua naturales superficiales estáticos (lagos o lagunas), de corriente (arroyos, ríos) y los subterráneos que sirven como fuente de suministro de este recurso para el desarrollo de actividades urbanas. Generalmente los cuerpos de agua dentro o cercanos a la ciudad funcionan como receptores del agua servida con la contaminación y desequilibrio ecológico consecuente.

Fig. 7. Metabolismo urbano del agua



Fuente: Elaboración propia

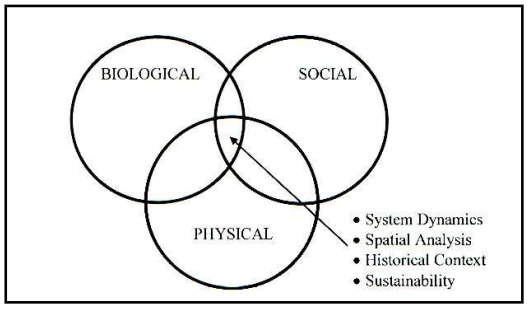
El análisis del metabolismo del agua dentro de los ecosistemas urbanos y su región nos permite observar las relaciones que existen del agua con los demás elementos físico, biológicos, geográficos, económicos, culturales, etc que confieren la dinámica y estructura urbana. El enfoque ecosistémico nos da la pauta en el análisis ecológico de los procesos urbanos y el enfoque metabólico nos permite separa un proceso específico del ecosistema urbano, para analizar de forma más puntual su comportamiento, sin perder de vista la totalidad del sistema. Por lo anterior de todos los procesos metabólicos que se desarrollan dentro del ecosistema urbano, desarrollaremos el del aprovechamiento del agua para la ciudad de Chilpancingo. El estudio se estructura en la forma en que se presenta en la parte inferior del esquema con el análisis de las fuentes de captación, la distribución, el uso o consumo, la disposición final y en su caso el tratamiento y se posible reuso en ámbitos intra o interurbanos. *Ver figura 7.*

Dentro del aprovechamiento del agua en una ciudad o región intervienen varios actores en diversos procesos. El uso del agua se convierte en un tema complejo que requiere una visión integral y holística. Dentro de un enfoque ecosistémico el agua se analiza en el contexto del ecosistema urbano en donde la parte antrópica se convierte en un factor determinante en la forma de aprovechamiento del recurso agua, por lo anterior a continuación integramos la parte social en el análisis de los ecosistemas urbanos.

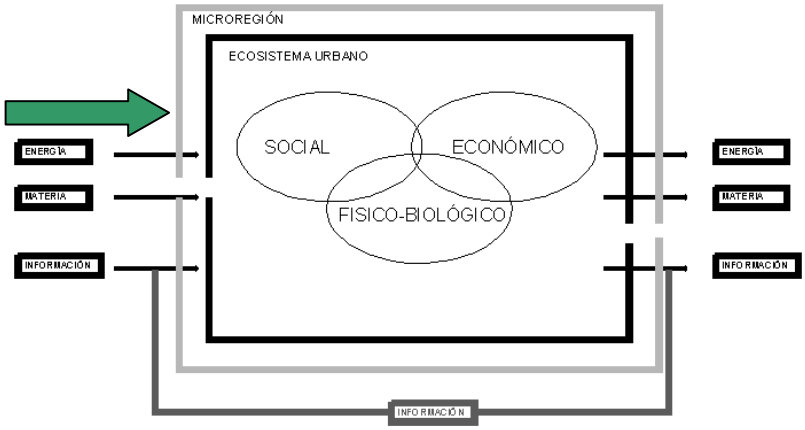
1.5. El Socioecosistema Urbano

El ecosistema urbano es un sistema complejo en donde además del componente base, el físico-biológico, intervienen otros factores que lo diferencian de los ecosistemas naturales. El ecosistema urbano incorpora factores eminentemente antrópicos: el social y el económico. Los factores social y económico van a ser parte importantes en la explicación del metabolismo urbano de las ciudades y en el uso de los recursos dentro y fuera de las mismas.

Fig. 8. El Socioecosistema Urbano



Fuente: Berkowitz; 2003, 3



Fuente: Elaboración propia

Para Berkowitz (Fig. 8), todo Ecosistema urbano posee tres elementos principales, el biológico, el físico y el social, que interactúan de forma dinámica con los subsistemas al interior la ciudad. De aquí desarrollamos el esquema de la derecha en donde el factor físico-biológico es el sustentante de los factores social y económico en los ecosistemas urbanos. Tenemos entradas y salidas de energía, materia e información. Se incorpora la retroalimentación de la información, que es el principal proceso que confiere estabilidad al ecosistema urbano.

Para Garza y González el socioecosistema es una concepción distinta del ecosistema tradicional, en el que cobran importancia las relaciones entre el sistema natural y el sistema socioeconómico (Enkerlin; 2000, 103). Sin embargo el hecho de que la estructura y función del modelo socioecosistémico (fig. 8) sea diferente al tradicional, no significa que sus fundamentos ecológicos deban ser distintos; por ejemplo, un ecosistema tradicional debe poseer un número significativo de mecanismos homeostáticos, de la misma forma, el modelo antrópico, también debe poseer mecanismos de recursividad y resiliencia para lograr un estado de equilibrio o de buen funcionamiento. Este modelo integra al ser humano no solo como un ser viviente más, sino que además agrega la parte cultural como un elemento ambiental de gran relevancia e impacto sobre los atributos naturales del sistema. (Enkerlin; 2000, 104)

Dentro del análisis de un socioecosistema toma relevancia la relación que establece el hombre, con el componente natural a partir del aprovechamiento de sus recursos. El

hombre sin embargo, tiene todo un bagaje cultural antecedente que le confiere un modo particular (forma e intensidad) de aprovechar los recursos.

Dentro del componente cultural encontramos seis grandes factores que lo componen:

1. Atributos económicos: se incluyen dentro de un modelo económico existente en el que se desarrollan las actividades urbanas, responden generalmente al ciclo económico de producción, distribución y consumo. Extraen del componente natural, bienes (insumos) y utilizan los servicios ecológicos. La mayoría de las veces no se incluye el costo ambiental dentro de las ganancias económicas que genera la explotación del medio natural.
2. Sistema jurídico: generalmente está subordinado al sistema económico. Genera y aplica el marco normativo para el desarrollo de las actividades de producción, distribución y consumo, regula las relaciones sociales y pone condiciones y límites para el aprovechamiento de los recursos naturales.
3. Esquemas sociales: en este factor se analizan las características demográficas de la población en los ecosistemas urbanos. Se incluyen sus formas de organización y tiene cabida el sistema político imperante, que establece las relaciones de poder entre los diferentes estratos sociales y grupos de poder. Marca lineamientos en la forma de aprovechamiento de los recursos naturales a través de programas.
4. Esquema científico-educativo: se encarga de la formación educativa de la base poblacional de los ecosistemas urbanos. Integra los atributos anteriores y marca tendencias trascendentales en la forma de aprovechamiento de los recursos naturales, en un sistema la información toma su mayor importancia para la creación de conciencia ciudadana y es el punto de partida del desarrollo sustentable. Además crea las bases del siguiente sistema.
5. Sistema tecnológico: a partir del desarrollo científico, este sistema proporciona los instrumentos y herramientas para el aprovechamiento de los recursos. Además contribuye en el desarrollo del sistema científico-educativo
6. Esquema cultural: de trascendental importancia este esquema incluye los valores y tradiciones de la población humana y las relaciones históricas que el hombre ha establecido con su medio ambiente. Integra la ética en el aprovechamiento de los recursos y marca tendencias en la aplicación de los factores anteriores.

Todos los factores anteriores establecen la diferencia entre los ecosistemas naturales y los socioecosistemas. Entender y analizar cada uno de los factores que integran a los socioecosistemas sería lo óptimo para hacer propuestas integrales que nos conduzcan a la sustentabilidad de las ciudades y sus regiones. Una parte fundamental para el logro de la sustentabilidad urbana es la retroalimentación del sistema urbano, de aquí se separa a la información como punto clave de la recursividad de los ecosistemas urbanos.

Cabe señalar que el ecosistema urbano es una categoría análoga a socioecosistema ya que ambas colocan al hombre como la principal variable que determina las características propias de cada sistema urbano: construye sus estructuras y establece las relaciones ecológicas con su medio. Por lo anterior se seguirá utilizando la categoría de ecosistema urbano para referirse a la ciudad.

1.6. La sustentabilidad y el ecosistema urbano.

Uno de los requisitos del estudio de las ciudades como ecosistemas urbanos es acercarnos al concepto de sustentabilidad, como una construcción dinámica en el marco teórico que nos permita lograr que el proceso de aprovechamiento del agua sea de forma integral y ecológica. Como un paradigma bastante amplio, nos permitiremos acotar el término de sustentabilidad de acuerdo a las características y requerimientos de este trabajo y su marco teórico.

Según Norton[5] (Naredo), existen dos nociones sobre sustentabilidad que responden a dos paradigmas diferentes: la sustentabilidad débil (formulada desde la perspectiva de la economía estándar) y la fuerte (vista desde de la física-termodinámica y desde la ecología). La sustentabilidad fuerte, se preocupa por el equilibrio de los ecosistemas en los que se insertan los sistemas antrópicos junto con su forma de aprovechamiento de los recursos (economía). Desde la perspectiva de este trabajo es precisamente la relación ecológica entre los sistemas humanos y los sistemas naturales la de mayor importancia, sin soslayar las formas culturales propias de cada sistema urbano para aprovechar sus recursos.

Observamos otra clasificación que hace Naredo dentro de un ámbito espacio-temporal de referencia la que da mayor o menor amplitud a la noción de sustentabilidad (fuerte) de un sistema o proceso: cualquier proceso antrópico o sistema urbano puede ser sostenible a plazos muy largos si se ponen a su servicio todos los recursos de la Tierra, sin embargo muy pocos lo serían si su aplicación se extendiera a escala de la biosfera. Hablaremos, pues, de sustentabilidad global, cuando razonamos sobre la extensión a escala planetaria de los sistemas considerados, tomando la Tierra como escala de referencia y de sustentabilidad local cuando nos referimos a sistemas o procesos más parciales o limitados en el espacio y en el tiempo, en nuestro caso nos enfocaremos en la sustentabilidad local. Asimismo, hablaremos de sustentabilidad parcial cuando se refiere sólo a algún aspecto, subsistema o elemento determinado (por ejemplo el aprovechamiento del agua) y no al conjunto del sistema o proceso estudiado con todas sus implicaciones. Evidentemente, a muy largo plazo, tanto la sustentabilidad local como la parcial, convergen en la global. Sin embargo para este trabajo desde la perspectiva ecosistémica, cuando se habla de sustentabilidad local o parcial, no se pierde de vista que existen otros sistemas o factores que inciden en el comportamiento del proceso y que son de mayor escala, esto solo se hace como un recorte o delimitación estrictamente de carácter metodológico, pero no se pierde la noción de totalidad.

Aun cuando nuestra meta es aproximarnos a la sustentabilidad del proceso del aprovechamiento del agua, no se constituye como un fin, sino como el inicio de un proceso dinámico y ajustable, con la diferencia de que el proceso se vuelve consciente o palpable para todos los que participan en este

[5] http://habitat.aq.upm.es/cs/p2/a004.html

1.7. Conclusiones del capítulo

El enfoque escosistémico nos permite estudiar a las ciudades dentro de su territorio desde una perspectiva ecológica y sustentable. La consideración de las ciudades como ecosistemas urbanos es el principio para empezar a comprender el funcionamiento interno de las ciudades y su relación con su medio ambiente, sobre todo el inmediato.

Destacamos que dentro de la ciudad el metabolismo urbano engloba los procesos internos de vida de la ciudad. Uno de esos procesos o subsistemas es el aprovechamiento del agua. Considerando que es un recurso de flujo y escaso y que hacemos un uso poco consciente de este bien, nos colocamos en la disyuntiva tratar de resolver la problématica hídrica desde la perspectiva tradicional de tener de mayor cantidad de agua con la importación de agua desde otras cuencas (trasvases) y disponer de las aguas servidas sin un programa de tratamiento y reuso en los cauces y corrientes de agua o empezar a entender este proceso de aprovechamiento desde la perspectiva ecológica de los ecosistemas naturales con un aprovechamiento más racional. A partir de impulsar una visión alternativa de explicar las ciudades y la forma de aprovechamiento de los recursos naturales, entendemos la ciudad como un sistema complejo que nos permite extraer un proceso interno sin desvincularnos de la totalidad del sistema y sus interacciones.

Vista la ciudad como un ecosistema o sistema consideramos que la información que ingresa al sistema no se pierde, si no que se adapta a las características de la ciudad y se enriquece con las particularidades propias de la ciudad, es precisamente por medio de la información uno de los medios más importantes para lograr la recursividad del sistema. Tenemos que conocer para nuestro caso de estudio, la problemática fáctica del aprovechamiento del agua desde un enfoque ecosistémico, y poder visualizar los conocimientos, herramientas y tecnologías que nos permitan ir resolviendo la problemática hídrica, considerando la mayor cantidad de factores y actores que intervienen en el proceso de aprovechamiento del recurso. Es primordial, crear primeramente la conciencia y empatía en la mayor cantidad posible de actores sociales en cuanto a la problemática hídrica en la ciudad. El ser humano solo puede reivindicarse con su ambiente a partir de aceptar que tenemos un sinfín de posibilidades de aprovechamiento de los recursos desde una visión diferente a la de la explotación o uso indiscriminado para supeditar las ganancias económicas.

No podemos dejar que la naturaleza arregle por si sola el problema de la disposición de nuestros residuos urbanos y de la contaminación de los escurrimientos y cuerpos de agua existentes en los ecosistemas urbanos. Es importante darnos cuenta que tenemos parte de la solución a la acuciante problemática hídrica urbana, desde una perspectiva que preserve la calidad y cantidad del recurso en todo su proceso de aprovechamiento y que podemos disminuir la entropía de nuestro sistema natural. Es por eso que como seres conscientes podemos maximizar la información del sistema para contribuir con los procesos de resilencia de nuestro ecosistema e impulsar la recursividad para guiar nuestras forma de aprovechamiento de los recursos hacia la sustentabilidad.

Capítulo 2
El ecosistema urbano en estudio: la microrregión de Chilpancingo

2.1. El área de estudio desde las cuencas de agua y su gestión institucional

2.1.1. Fundamentos para la delimitación del área de estudio: físicos y de gestión

Se puede definir un área de escurrimiento como una cuenca de captación y del paisaje, que incluye laderas, riachuelos y lagos, de los cuales todo el caudal sale a través de una desembocadura común del flujo. En términos del estadio y administración realizados por el hombre, un área de escurrimiento es un ecosistema de tamaño conveniente con fronteras definibles[6]

Richard Register maneja el concepto de ***bioregión*** y dice: "podemos delimitar los bordes de una bioregión de acuerdo a los tipos de especies vivas, cuencas hidrográficas, vientos, características específicas geográficas y geológicas y climas"[7]

Por lo anterior, una delimitación tomando como base un elemento o recurso de flujo como es el agua, es aceptada. Pero no solo será el estudio del agua lo que definirá la zona, sino las interrelaciones que se establecen entre este recurso y los demás elementos naturales y antrópicos de la microrregión.

La delimitación espacial y temporal del tema de estudio, para este ejemplo después de haber decidido el caso de estudio, no es fácil. Sabemos que la ciudad no termina en el fin del continuo urbano, sino que desde el enfoque ecosistémico, la influencia urbana va mucho más allá de lo visiblemente obvio. Pero hacer un seguimiento de los alcances de la ciudad, primero desde donde se sostiene, y segundo hasta donde llegan los residuos metabólicos urbanos, acabaríamos estudiando la biosfera. Entonces, se tiene que hacer una delimitación acorde también a los recursos y capacidades personales del tesista y como vimos en el capítulo anterior el concepto de sustentabilidad nos delimita nuestras zonas de actuación. A partir de lo anterior una delimitación natural de estudio, de administración y gestión regional y local son las cuencas hidrográficas. Esta delimitación, para el caso de estudio de la ciudad de Chilpancingo, se realiza desde la justificación de que es una de las delimitaciones naturales que se han estudiado y que ya existen límites espaciales establecidos. La cuenca constituye la principal unidad territorial donde el agua, proveniente del ciclo hidrológico, es captada, almacenada, y disponible como oferta de agua.

La cuenca hidrográfica tiene como su elemento principal el estudio, el cuidado y la gestión del agua. Haciendo énfasis que uno de los principales problemas de Chilpancingo es la carencia del vital líquido para la población urbana, los estudios de cuencas, subcuencas y microcuencas van en el sentido de dar alternativas de solución a este problema. Desde

---

[6] Odum , Eugene.(1978) Ecología. Compañía Editorial Continental. 26ª Reimpresión, México 2005

[7] Register, Richard (1987) Ecocity Berkeley- Building Cities for a Healthy Future. 1a Edit. North Atlantic Books. USA. 1987

nuestro enfoque el agua es un elemento vital, más no el único que participa en la producción y reproducción de los sistemas naturales y antrópicos entre los que contamos los asentamientos humanos.

Con frecuencia las cuencas hidrográficas poseen no solo integridad ecológica, sino que además, ostentan identidad cultural y socioeconómica, dada por la misma historia del uso de los recursos naturales. En el ámbito de una cuenca se produce una estrecha interdependencia entre los sistemas bio-físicos y el sistema socio-económico formado por los habitantes de las cuencas en los asentamientos humanos. Por esta razón, la cuenca hidrográfica es la unidad mas adecuada de gestión ambiental en el aprovechamiento integral del recurso agua para nuestro caso de estudio.

2.1.2. La micro-región de Chilpancingo: área para el estudio del aprovechamiento sustentable del agua en el ecosistema urbano

El tema de la tesis es "El aprovechamiento del agua en el ecosistema Urbano de Chilpancingo, Gro", para este estudio se harán dos delimitaciones: 1) microregional, y 2) Urbana.

1) **Microregional**. Definida por una región natural a partir de la unión de tres microcuecas de la subcuenca Río Huacapa-Río Azul.
2) **Urbana**. Definida por el área urbana actual de la ciudad de Chilpancingo y la zona conurbana del poblado de Petaquillas del municipio de Chilpancingo de los Bravo.

Tabla 3. Delimitación de la microregión natural

Consejo de Cuenca		Región Administrativa	
Clave	Nombre	No.	Nombre
10	Costa de Guerrero	V	Pacífico Sur

Tabla 4. Regiones, Cuencas y Subcuencas Hidrológicas

Región		**Cuenca**		**Subcuenca**	
Clave	**Nombre**	**Clave**	**Nombre**	**Clave**	**Nombre**
RH20	Costa Chica-Río Verde	**E**	R. Papagayo	**d**	R. Azul

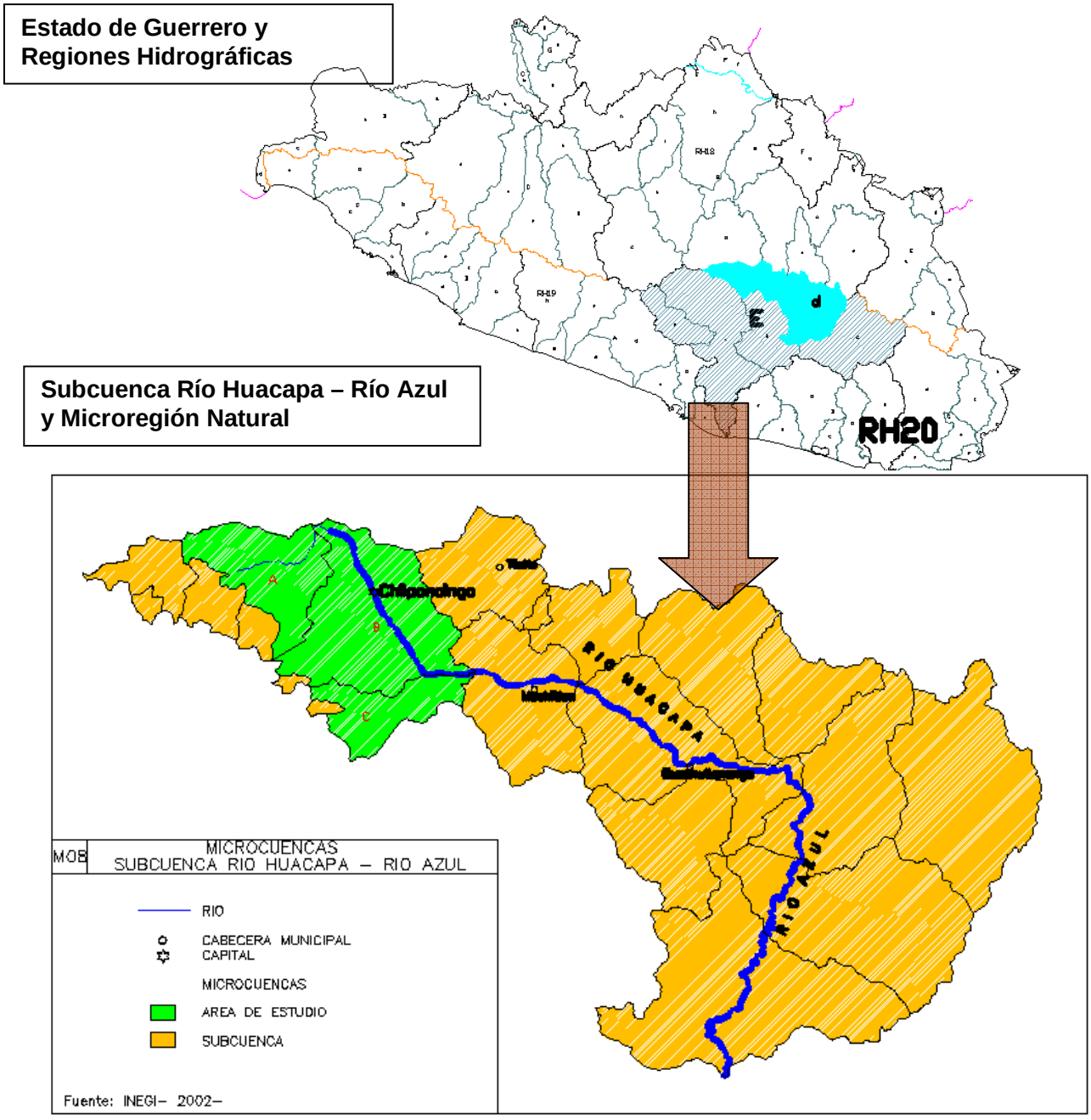
Fuente: Cuaderno Estadístico Municipal, Chilpancingo, Guerrero. 2001. INEGI

La zona de estudio se encuentra ubicada en la región hidrológica número 20 Costa Chica-Río Verde (de acuerdo con el boletín de la SARH 1971). En esta región se encuentra la cuenca del río Papagayo, e incluye al río Huacapa y al río Azul.

La parte alta de la corriente del río Huacapa se forma en la Sierra Madre del Sur y continúa por el valle de Chilpancingo hasta alcanzar su salida hacia otros municipios por

la parte sureste de la zona urbana. El área de estudio se establece a partir de las delimitaciones ya establecidas hasta llegar a la unión de tres microcuencas que contienen a la zona urbana de la capital y que se considera tienen una repercusión directa en el ciclo hidrológico urbano, por lo anterior a nuestra área de estudio la llamamos microrregión natural, estrictamente para nuestro caso de análisis.

Figura 9. Determinación del Área de Estudio



Fuente: Elaboración propia basado en Tesis Doctoral Gestión del Agua en la Subcuenca Río Huacapa-Río Azul

El área de la microregión es de 27,652.96 has, lo que representa el 15.75% del total del área de la Subcuenca Río Huacapa-Río Azul, mostrada en amarillo en la imagen anterior.

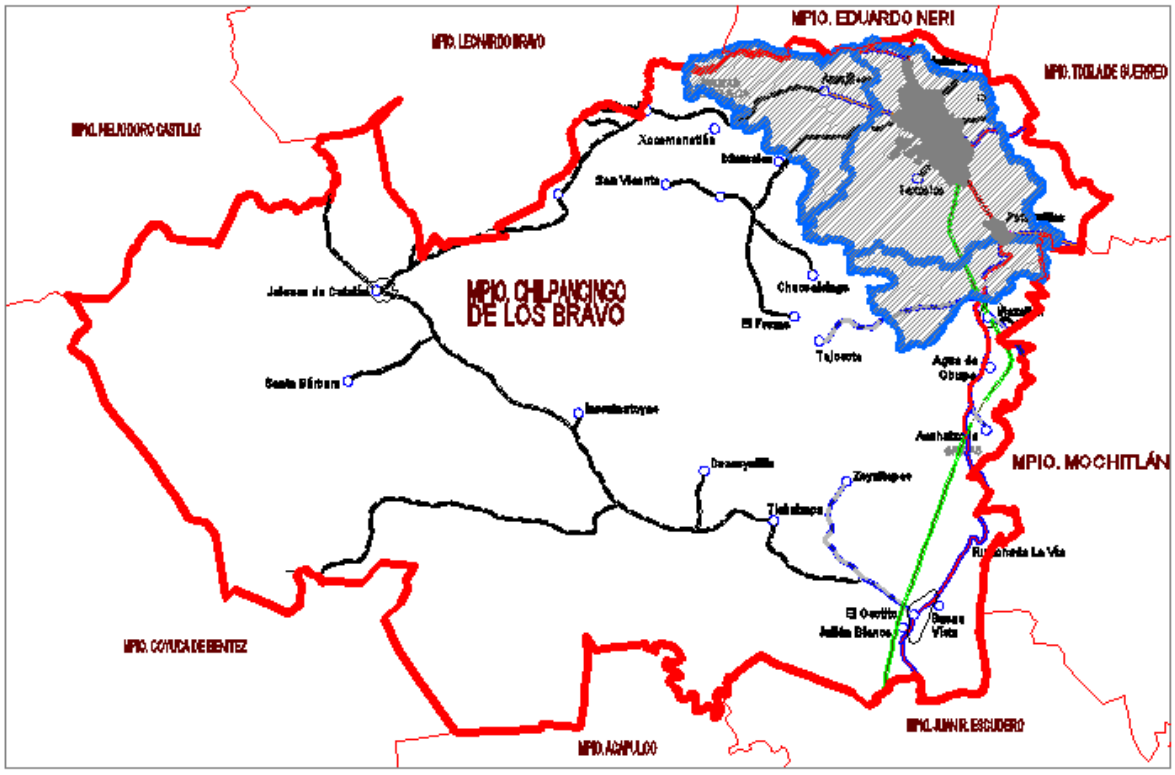
La microregión está constituida por la unión de tres microcuencas que para efectos de estudio se les han asignado tres letras.

Tabla 5. Área de las microcuencas en la microregión.

Microregión	Microcuencas		
Área (has)	Nombre	Área (has)	Porcentaje respecto al total de la microregión
27, 652.96	**Microcuenca A**	7,818.88	28.27
	Microcuenca B	14,986.82	54.20
	Microcuenca C	4,847.26	17.53
Total		27, 652.96	100.00

Fuente: Elaboración propia basado en Cartografía INEGI 2005.

Figura 10. Municipio Chilpancingo de los Bravo y Microregión Natural



Fuente: Elaboración propia basado en SCT, Cartografía INEGI 2005.

En cuanto a lo político-administrativo, el municipio cuenta con una extensión territorial de 233,840 has[8], el área de la microregión representa el 11.8% del total del área municipal.

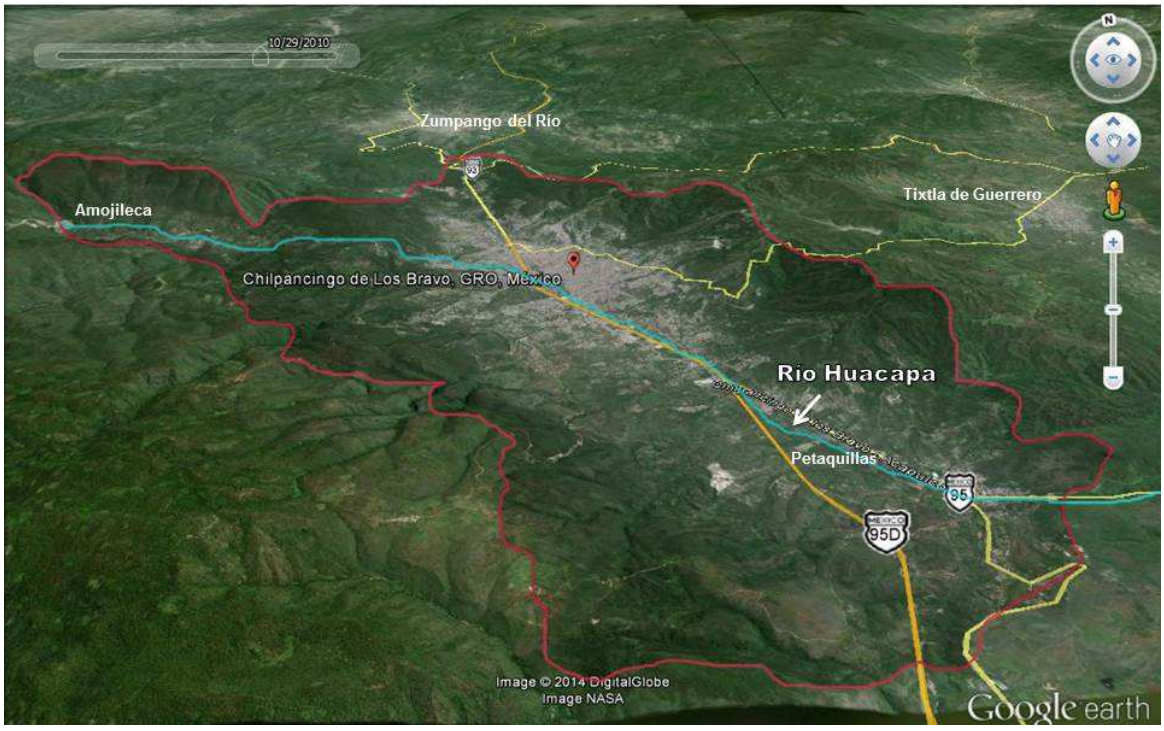
El 98% de nuestra zona de estudio se encuentra dentro del área municipal de Chilpancingo, lo que facilitaría la gestión del recurso en cuanto a lo político administrativo.

Tabla 6. Área municipal de la microregión

Microregión	**Municipios**		
Área (has)	Nombre	Área (has)	Porcentaje respecto al total de la microregión
27, 652.96	Chilpancingo de los Bravo	27,173.73	98.27
	Eduardo Neri	187.94	1.27
	Leonardo Bravo	210.82	
	Mochitlán	80.47	
Total			100.00

Fuente: Elaboración propia

Figura 11. Vista aérea de la microrregión del caso de estudio.



Fuente: Google Earth 2005

[8] Plan de Desarrollo Municipal Chilpancingo 2005-2008. Pag. 31

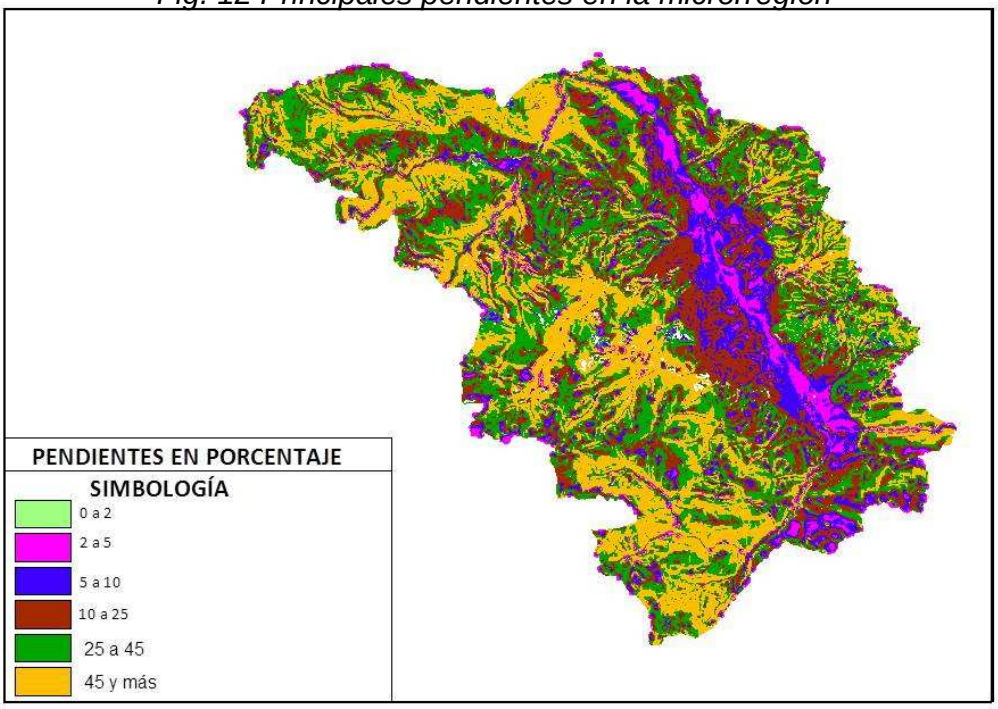
2.2. Condiciones naturales de la micro-región de Chilpancingo para el aprovechamiento del agua

2.2.1. Topografía que alimenta un flujo hídrico continuo y veloz

La Ciudad de Chilpancingo está ubicada en una cañada y valle, demarcada por elevaciones montañosas importantes como el cerro Machohua y el de Huiteco en la parte oriente, y, el Culebreado, cerro del Toro y el Tepoztepec al poniente; además de zonas planas al norte y al sur.

En cuanto a la pendiente se refiere utilizamos rangos en porcentaje. Las pendientes que van de 0^{o} a 2%, ocupan un área de 336.24 has, representan el 1.22% del total del área y se encuentran en la parte central de la microrregión a los costados del principal escurrimiento; las pendientes que oscilan entre el 2 y 5%, abarcan un área de 1,315.13 has y representan el 4.76% del total del área, se ubican principalmente en las laderas bajas a lo largo del río Huacapa. Las pendientes que van del 5 al 10% tienen un área de 2,025.62 has y representan el 7.33% del área de la microrregión, se ubican en las laderas medias del escurrimiento principal; las pendientes del 10 al 25% ocupan un área de 6,815.90 has que significa el 24.65% del total y se encuentran en las laderas medias y altas y distribuidas en toda el área y al inicio de las cuestas de las mayores elevaciones existentes; las pendientes que van de 25 a 45% se extienden en un área de 8,840.86 has con un porcentaje del 30.52%, está pendientes se ubican en partes de laderas pronunciadas distribuidas en toda el área; por último las pendientes de más de 45% ocupan un área de 8,719.22 has y representan el 31.53% del total del área, son zonas con mucha pendiente ubicadas en las partes altas de la zona, representan zonas de mucho riesgo y ocupan el mayor porcentaje del área de estudio.

Fig. 12 Principales pendientes en la microrregión



Fuente: Elaboración propia, basado en INEGI 2005

Tabla 7. Criterios para la utilización de pendientes

Pendiente	Porcentaje en la microrregión	Características	Usos recomendables
0-2%	1.22	Problemas para el tendido de redes subterráneas de drenaje con costo elevado. Problemas de encharcamientos, asoleamiento regular. Susceptible a reforestar y controlar problemas de erosión. Ventilación media	-Agricultura -Zonas de recarga acuífera -Construcción de baja densidad -Zonas de recreación intensiva -Preservación ecológica
2-5%	4.76	Pendiente óptima para usos urbanos. No presenta problema de drenaje natural. No presenta problemas al tendido de redes subterráneas. Sin problemas para vialidades y construcción de obra civil.	-Agricultura -Zona de recarga acuífera -Habitacional densidad alta y media -Zonas de recreación intensiva -Preservación ecológica
5-10%	7.33	Adecuada pero no óptima para usos urbanos por elevar el costo en la construcción y obra civil. Ventilación adecuada. Asoleamiento constante. Erosión media. Drenaje fácil y buenas vistas	-Construcción habitacional de densidad media -Construcción industrial -Recreación
10-25%	24.65	Zonas accidentadas por sus variables pendientes. Buen asoleamiento. Requerimiento de movimientos de tierra. Cimentación irregular. Amplia visibilidad. Muy buena ventilación. Presenta dificultades para la introducción de redes de servicio, vialidad y construcción inmobiliaria.	-Habitacional de mediana y alta densidad. -Equipamiento -Zonas recreativas -Zonas de reforestación -Zona de preservación
25 a 45%	30.52	Inadecuada para la mayoría de los usos urbanos, por sus elevadas pendientes y costos excesivos. Laderas frágiles. Zonas deslavables. Fuerte erosión. Asolamiento excesivo y buenas vistas	-Reforestación -Recreación pasiva -Conservación
Mayores a 45%	31.53	No apto para usos urbanos por el alto costo de construcción, operación y mantenimiento además del riesgo que implica.	-Reforestación -Conservación -Recreación pasiva

Fuente: Elaboración en base a Oseas M. Teodoro, Manual de Investigación Urbana. Ed. Trillas, México. Pág. 32-33.

Observamos de la tabla anterior que las pendientes menores a 25% son las que ofrecen las mejores condiciones para los asentamientos humanos, en nuestra zona de estudio estas áreas representan el 37.9% por lo que el restante 62.1% son zonas de alta y muy alta pendiente que configuran al área como de alta energía con una velocidad de escorrentía capaz de vulnerar rápidamente la superficie del suelo, arrastrar materiales sueltos, debilitar taludes y provocar deslizamientos.

La concentración rápida de agua sobre el cauce principal o río Huacapa hace que sus partes limítrofes sean susceptibles a inundaciones o deslaves importantes, sobre todo en la parte sur del área de estudio donde se encuentran las pendientes de menor elevación.

El aprovechamiento del agua en la zona tiene que considerar las características topográficas anteriores para realizar las obras necesarias que impulsen la autosuficiencia hídrica de la ciudad y dejar de importar más agua desde otras cuencas.

2.2.2. Geología que dificulta la permeabilidad de la micro-región

Geología regional

El área de estudio se encuentra sobre la plataforma Morelos-Guerrero del albiano, que sobreyace al terreno mixteco, constituido por el complejo Acatlán del paleozoico inferior

Marco tectónico

El Estado de Guerrero esta constituido por el superterreno que a la vez se subdivide en 5 subterrenos cubriendo la mitad occidental del estado y son los siguientes (Campa y Coney 1981, Vidal 1991, modificada por Werre- Keeman,1997)

- Subterreno Teloloapan
- Subterreno Arcelia
- Subterreno Huetamo
- Subterreno Zihuatanejo
- Subterreno Papanoa

En la parte nororiental aflora el terreno Mixteco, dentro del cual se encuentra la plataforma Guerrero-Morelos (Ramírez Espinoza 1982), donde se localiza el área de estudio.

Estratigrafía

La Ciudad de Chilpancingo se encuentra sobre la formación Chilpancingo del terciario, que a la vez sobreyace a la formación Morelos del cretácico medio, y esta al complejo Acatlán del paleozoico inferior. (Ramírez-Espinosa 1982).

La formación Chilpancingo consiste de una secuencia de margas, areniscas y conglomerados mal clasificados con matriz arcillosa y fragmentos de caliza y de productos volcánicos rioliticos de coloración ocre a amarillenta, en los cuales se puede observar

estratificación cruzada y horizontes delgados de limonitas y arcillas muy deleznables. En el valle, de Serna (1965) considera un espesor aproximado de 200 metros.

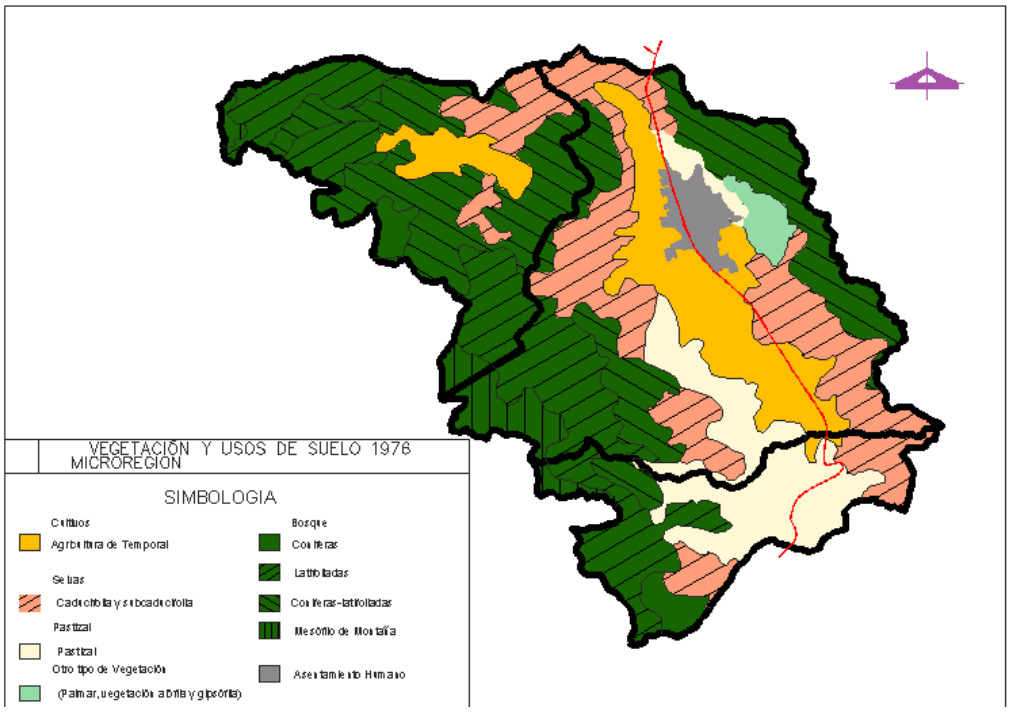
Geomorfología

La Ciudad de Chilpancingo se encuentra en un valle, que esta constituido por sedimentos de material lacustre y volcaniclástico con pendientes suaves, pero ha crecido la mancha urbana sobre las zonas de ladera con pendiente fuerte. Estas zonas sin embargo tienen baja permeabilidad como las arcillas, por lo que aumentan la escorrentía del agua. Es importante tomar en cuenta la geomorfología de la zona para determinar el comportamiento del ciclo del agua y obtener el máximo provecho del recurso con la menor alteración posible de su condición natural original.

2.2.3. Vegetación y su papel fundamental en el ciclo del agua

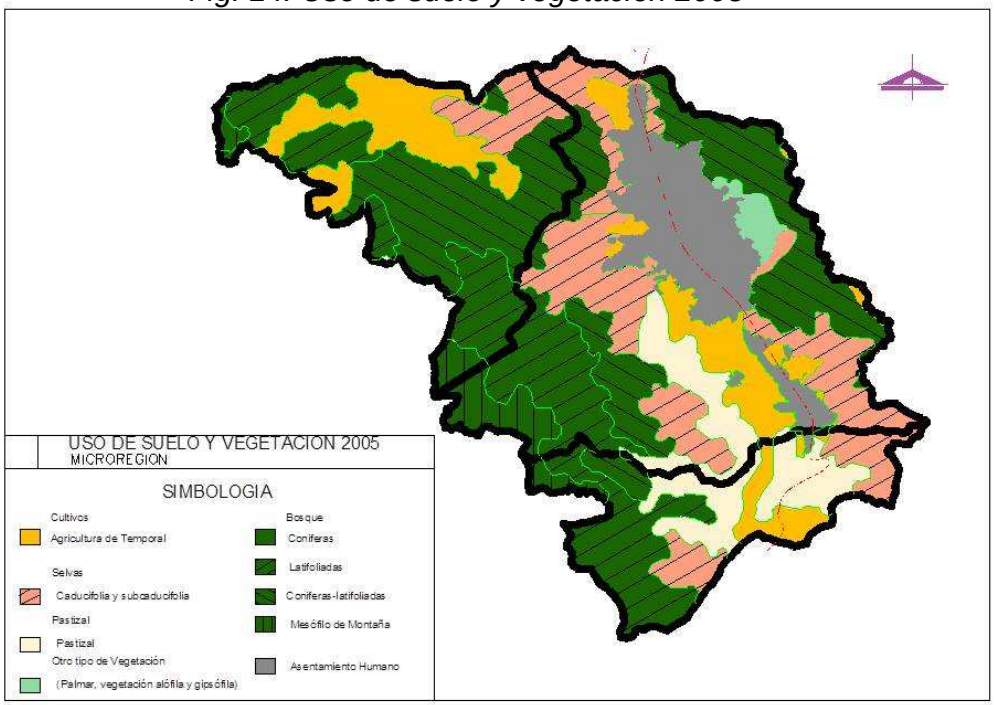
La vegetación y los usos de usos de suelo son un referente indispensable para explicar el comportamiento hídrico de la zona de estudio. En los siguientes gráficos observamos la evolución de la microrregión de 1976 a 2005 y su expresión en el territorio.

Fig. 13. Uso de suelo y vegetación 1976



Fuente: Elaboración propia basado en datos de INEGI

Fig. 14. Uso de suelo y vegetación 2005



Fuente: Elaboración propia basado en datos de INEGI

Tabla 8. Tabla comparativa de uso de suelo y vegetación

	1976		2005	
Uso de suelo y vegetación	**Área**	**Porcentaje**	**Área**	**Porcentaje**
Cultivos Agricultura de temporal	3690.15	13.34%	3001.59	10.85%
Selvas Caducifolia y Subcaducifolia	5878.29	21.26%	5156.48	18.65%
Pastizal Pastizal	3322.13	12.01%	2415.45	8.73%
Otro tipo de vegetación	387.19	1.40%	318.46	1.15%
Bosque Coníferas Latifoliadas Coníferas-latifoliadas Mesófilo de montaña	13801.39	49.91%	13618.24	49.25%
Asentamiento Humano	573.81	2.08%	3142.74	11.36%
			27652.96	100.00%

Fuente: Elaboración propia basado en datos de INEGI

En los cuadros y mapas anteriores se observa que la zona urbana tuvo un incremento importante de 5 veces más área referente a 1976. El área de cultivo se redujo en un

1.42%, el área de selva cayó un 2.61% y el área de pastizal descendió un 3.27%. Observamos que las áreas colindantes con la zona urbana han sido las que más se redujeron. Aunque el área de bosque no presenta un cambio significativo, la deforestación ha estado presente y la calidad de esta área se ha visto afectada. El estado de la vegetación inter e intraurbana siempre es un referente importante en la compresión del funcionamiento y estado de los ecosistemas urbanos.

La microcuenca está cubierta por una zona de bosque en un 49% sobre todo en las partes altas, aunque por el proceso de crecimiento urbano y el aprovechamiento forestal, estas áreas se encuentran amenazadas. Por sus características de bosque, estas áreas presentan un buen porcentaje de infiltración, además de que se encuentran en la cabecera de la cuenca, por lo que no se tiene otra fuente natural de agua más que la de las precipitaciones pluviales.

En las laderas de la microrregión, a un costado del río Huacapa, aparece una selva baja que prácticamente esta siendo absorbida por la mancha urbana, esas zonas son en general ociosas y junto con el pastizal se presentan como zonas de transición. Las pocas áreas cultivables son cada vez menores y están siendo fraccionadas para incorporarse a la mancha urbana. El área urbana hasta el 2005, ocupaba el 11.36% del total del área de la microregión, aunque al interior del área urbana encontramos vacíos subutilizados debido a la especulación del suelo, lo que hace que las familias de escasos recursos busquen opciones en las periferias expandiendo aún mas el área urbanizada, muchas veces sobre zonas no aptas de urbanizarse y con mucho riesgo.

2.2.4. Restricciones edafológicas para el aprovechamiento del agua

Los suelos existentes y más representativos en la periferia de Chilpancingo son Rendzinas (E) de la clasificación de los grandes grupos, bajo el criterio FAO-UNESCO, reportándose por la SARH en 1982 un alto riesgo de erosión general que va de (B) moderada a (B/C) severa. En las partes bajas se encuentran cambisoles y vertisoles que reúnen condiciones para la agricultura y que en su génesis han recibido aportaciones de arcillas y limos de las laderas aledañas, pero que han perdido la materia orgánica y así su fertilidad por falta de tratamientos agronómicos y agropastoriles.

La baja cobertura vegetal de las laderas influye fuertemente sobre la erosión hídrica del suelo y representa un grave riesgo para los asentamientos humanos ubicados en las partes más bajas.

Rendzinas

Este grupo de suelos de acuerdo a la clasificación FAO/UNESCO, se caracteriza por tener un horizonte A Melánico y posiblemente un horizonte B cámbico. El horizonte A no debe ser mayor de 50 cm de espesor ni menor a los 10 cm en los suelos de la microrregión el horizonte A generalmente sobreyace inmediatamente sobre un material calcáreo el cual tiene más de 40% de carbonato de calcio equivalente.

Las rendzinas abarcan una superficie de 9,856.21 ha que equivalen al 35.64% del total, se localizan en la parte media y más baja de la cuenca incluyendo la mayor parte del área urbanizada. Son de poca profundidad, texturas medias a finas (2/3) y pendientes que van de 0 a 30%. Tienen muy fuerte reacción al HCl por su alto contenido en CACO3. La mayoría de estos suelos están cubiertos con especies de selva Baja Caducifolia y pastizales naturales de poco crecimiento asociados a un clima semiseco-cálido.

Sus limitaciones para la agricultura es que son de espesor delgado, pedregoso y topografía cerril y son fácilmente erosionables. Su uso recomendable es de conservación y para propagar la vegetación caducifolia y subcaducifolia, frutales rústicos pastizales, palma y maguey. Las áreas con topografía más favorable se pueden utilizar como pastizales, sorgo forrajero y girasol por medio de un manejo adecuado, así como de reforestar con frutales rústicos como guajes blanco y rojo, pitayas, tunas las áreas más erosionadas.

Litosoles (l)

Son suelos que están limitados en profundidad por roca dura, continua y coherente durante los primeros 10 cm de profundidad con una granulometría media (2). Dado que estos suelos son de muy escasa profundidad, de topografía inclinada a escarpada y la erosión puedes ser severa, no se recomienda uso agrícola, pecuario ni forestal. Se utilizan generalmente para extracción de materiales para la construcción, recarga de acuíferos y conservación de la flora y fauna silvestre.

La superficie que abarcan estos suelos es de 2,742.52 has que corresponden al 9.91% del total del área de la microrregión. Se ubican en la parte alta de la ciudad en la cabecera de la cuenca en usos actuales de agricultura de temporal, selva baja caducifolia y conífera. Por su situación actual estos suelos son los más aptos para la infiltración y recarga de las aguas subterráneas.

Luvisoles (l)

Son suelos que tiene un horizonte B argílico, con una saturación de bases al 50% o mayor al menos en su parte más baja a una profundidad de 125 cm; no presenta el horizonte A mólico; carecen de un horizonte E álbico sobreyaciendo a un estrato de permeabilidad lenta.

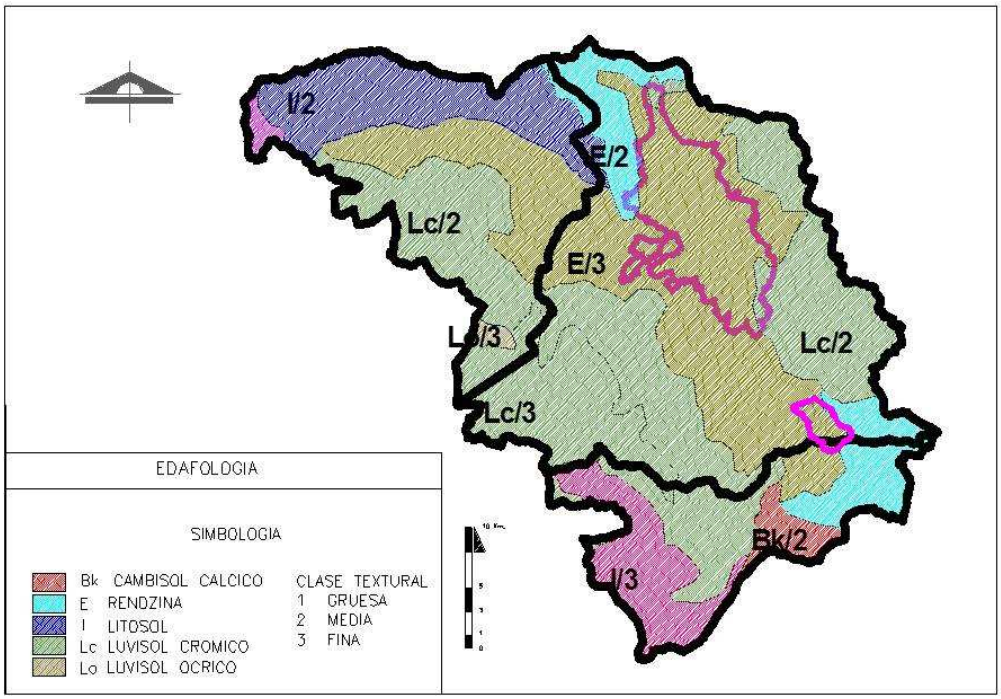
Se ubican en las partes oriente y poniente de la microrregión en las zonas altas con pendientes mayores al 30% y con vegetación de bosque de coníferas y selva baja caducifolia. Ocupan una superficie de 11,239.25 y representan el 40.64% del total del área de la microrregión. En esta zona se recomienda la reforestación y conservación de los suelos y la vegetación para disminuir la velocidad de escorrentía del agua y evitar la erosión. Son buenas zonas para realizar obras de contención y almacenaje de agua por su baja permeabilidad y pendiente pronunciada.

Cambisol cálcico

Son suelos medianamente evolucionados, pobres en materia orgánica y presentan un perfil tipo A-(B)-C en el que puede aparecer un horizonte cámbico (B) que presenta un moderado grado de evolución. Suele tener una capa mayor de 15 cm de espesor, enriquecida de carbonatos secundarios, en una proporción mayor de 15 %, al menos en los 125 cm superficiales[9] .

Se ubica al sur de la microrregión y ocupan apenas 496. 26 has y representan apenas el 1.79% del total del área. Se recomienda su conservación ya que presenta un bosque de coníferas con suelos poco permeables y con mucha pendiente (≤30%)

Fig. 15. Edafología



Fuente: Elaboración propia, basado en PEOT Guerrero 2002

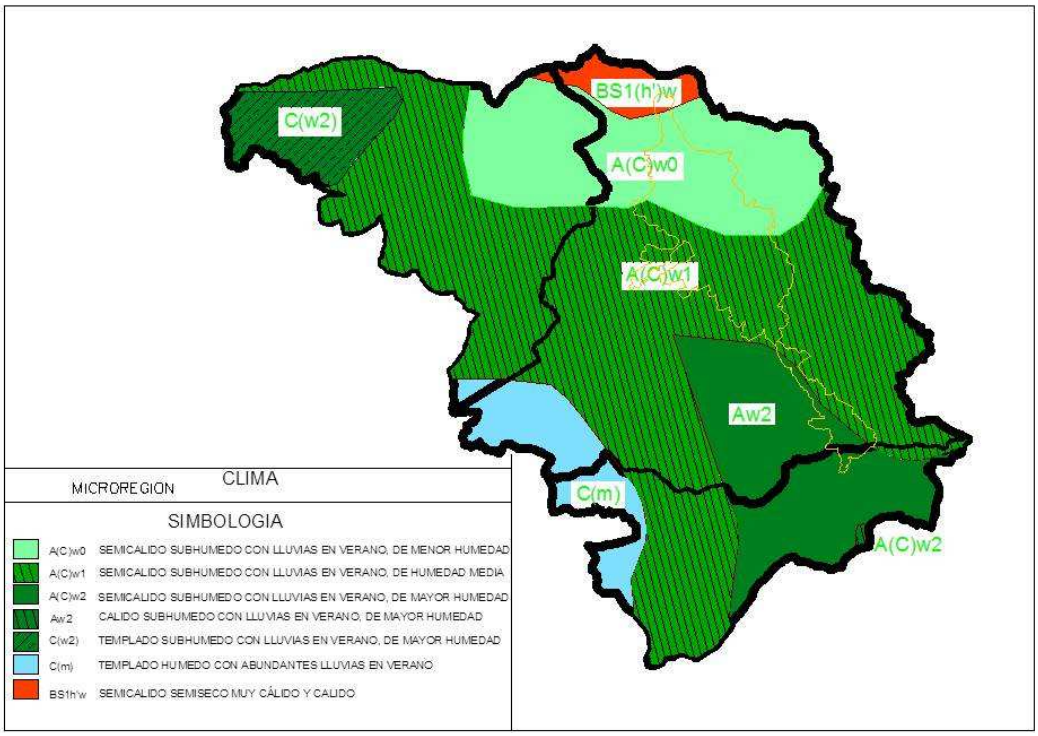
2.2.5. Factores climáticos que propician la abundancia de agua

El clima que predomina en la mancha urbana de Chilpancingo es del subtipo **A(C)w_0(w)ig** del subgrupo **A(C)**, que corresponde al clima semicálido subhúmedo **(w_0(w)),** siendo el más fresco del grupo A, con gradiente isotermal (oscilación térmica media mensual **i**, menor de 5º C) y con marcha tipo ganges o gangética **g,** letra que se añade solo cuando el mes más caliente del año se presenta antes de Junio o del solsticio de verano; la

[9] Plan General de Transformación Zona Regable Andévalo Occidental Fronterizo

temperatura media anual es de 20.7º C y la precipitación media anual es de 780 mm. y se concentra en la época de lluvias, misma que sucede entre fines de mayo y fines de octubre; los vientos dominantes del Sureste tiene una velocidad media de 18 Km/h, las velocidades máximas de los vientos se han presentado en varias direcciones y se estima que han rebasado los 100 Km/h; predomina las nubes de la clase baja llamadas “cúmulos”, y se presentan más de 2,400 horas de insolación anual; uno de los fenómenos más frecuentes es el aspecto nebulosos por humo debido a los incendios provocados en los meses más calientes correspondientes a marzo, abril y mayo cuando la evaporación potencial es máxima, afectando seriamente la insolación en los meses de julio a octubre (datos proporcionados por la estación meteorológica de la UAG, 2000).

Fig. 16. Características climáticas en la microrregión



Fuente: Elaboración propia basado en INEGI

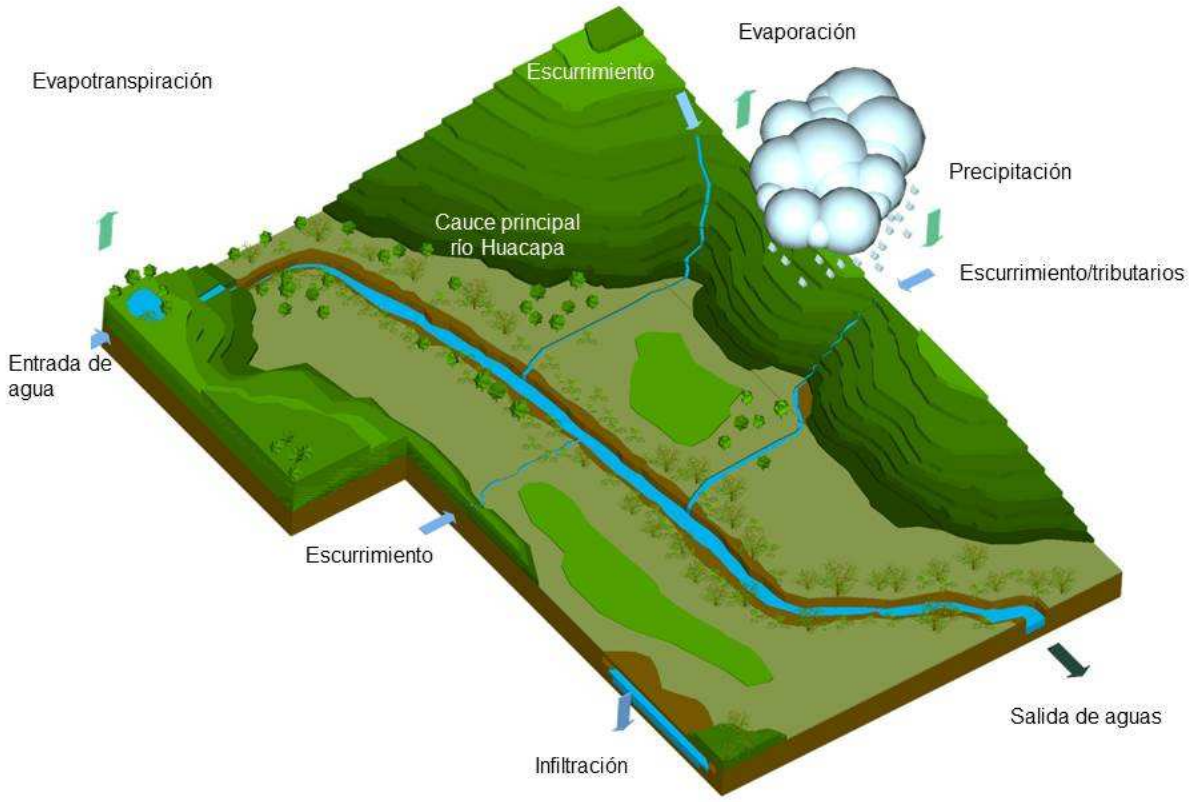
2.2.6. Balance hídrico de la micro-región natural

El ciclo hidrológico en la microrregión empieza en la parte más alta de la misma donde nacen una serie de manantiales en un lugar llamado Omiltemi. Estos manantiales son el principal afluente del posteriormente llamado Río Huacapa que cruza a la ciudad de noreste a sureste y que es el depositario principal de las aguas servidas de la ciudad con una población de 166 740 habitantes para el año 2005. El Río Huacapa en su recorrido por el área urbana se alimenta de las múltiples barrancas que descienden de las parte oriente y poniente de la ciudad en un sistema de peine. Además de las aguas de los

escurrimientos la microcuenca tiene un promedio de 70mm de lluvia anuales, por lo que constituye una fuente importante de aportación de agua. Aguas abajo, el Río Huacapa toma el nombre de Río Azul, y es la principal fuente de abastecimiento de agua de tres municipios predominantemente agrícolas, antes de incorporarse al cauce del Río Papagayo y este desembocar en el mar.

La elevación máxima de la microrregión es de 2776 msnm que se encuentra en los parteaguas y la mínima es de 1157msnm que se localiza en la salida del río Huacapa al sureste de la microrregión. El recorrido del cauce principal en el área de estudio es de 38.36 km y el tiempo de concentración en el punto más bajo es de 4.45 hrs., en un área drenada de 276.5 km2 que la convierte en una zona de alta energía y muy vulnerable a los efectos de fenómenos hidrometeorológicos.

Figura 17. El ciclo hidrológico en la microrregión

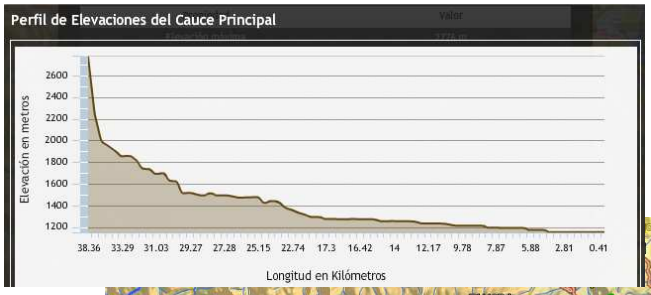


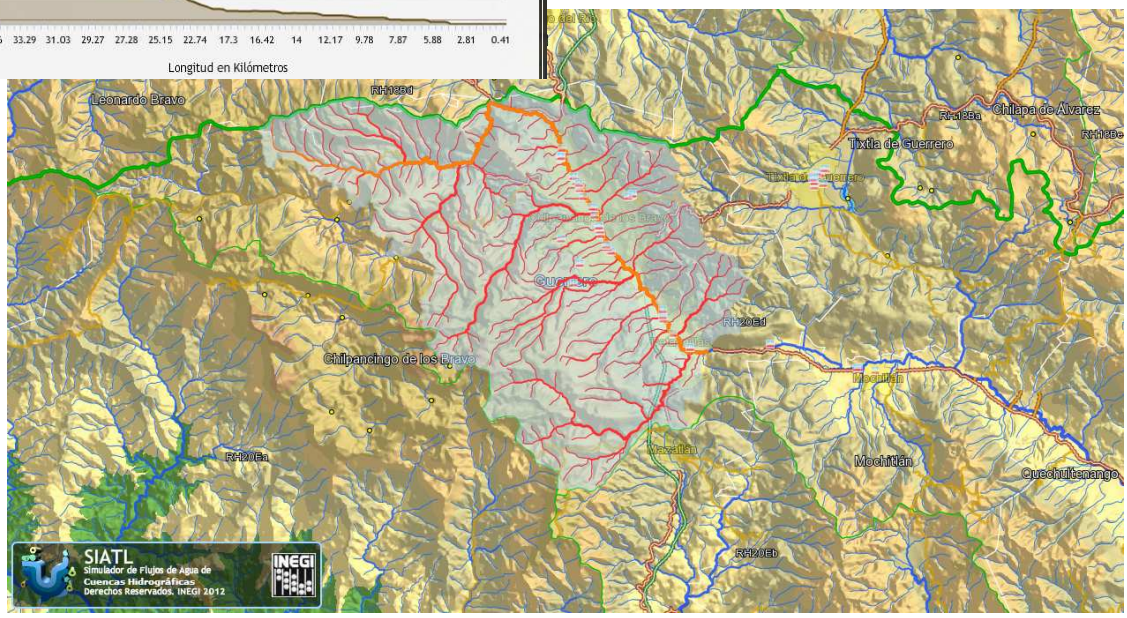
Fuente: Elaboración propia

Fig. 18. Río Huacapa a su paso por la ciudad

Fuente: Google Earth 2005

Fig. 19. Indicadores del cauce principal





Fuente: INEGI

Tabla 9. Indicadores de Cauce

Propiedad	Valor
Elevación máxima	**2776 m**
Elevación media	**1966 m**
Elevación mínima	**1157 m**
Longitud	**38367 m**
Pendiente media	**0.042197**
Tiempo de concentración	**221.49 (minutos)**
Área drenada	**27.653 km2**

Fuente: INEGI

El Plan Rector Hidráulico determina los volúmenes de agua aprovechables medios anuales producidos por cuenca propia. Los escurrimientos propios son la entrada al balance hidrológico de la cuenca y estos volúmenes mensuales de escurrimiento se calculan con la fórmula $\mathbf{V_i = C \times A_i \times P_i}$
Donde:
C= Coeficiente de escurrimiento (adimensional) determinado de los planos de coeficientes de escurrimientos superficiales.
$\mathbf{A_i =}$ Área de la subcuenca (km2)
$\mathbf{P_i =}$ Precipitación media de la subcuenca (milímetros)

La cuenca de este Plan, fue subdividida en secciones siguiendo la configuración y partes importantes sobre el río Huacapa.

La primera sección se consideró que abarcaba desde el nacimiento del río hasta aguas arriba de la sección de Chilpancingo con una superficie de 83.75 km2.

La sección 2 comprende desde la presa de Cerrito Rico aguas arriba de la ciudad de Chilpancingo hasta la salida de la población de Petaquillas, con un área total de 192.5 km2.

Para los fines de la tesis, se consideran las dos primeras secciones que coinciden con nuestra microrregión.

La micro-región presenta un potencial de agua aprovechable de 17.78 millones de m3 anuales aprovechables para cualquier uso (Ver tabla 10).

El agua aprovechable se considera después de descontar las pérdidas por evaporación, evapotranspiración e infiltración de cantidades no recuperables.

Tabla 10. Volúmenes medios mensuales aprovechables por sección (miles de m3)

	SECCIÓN 1	SECCIÓN 2	TOTAL	PORCENTAJE
Enero	57.8	150.0	207.8	1.17%
Febrero	17.7	46.0	63.7	0.36%
Marzo	15.0	39.0	54.0	0.30%
Abril	59.0	153.0	212.0	1.19%
Mayo	245.0	630.0	875.0	4.92%
Junio	929.0	2401.0	3330.0	18.72%
Julio	1037.0	2764.0	3801.0	21.37%
Agosto	1030.0	2579.0	3609.0	20.29%
Septiembre	994.0	2715.0	3709.0	20.86%
Octubre	405.0	1050.0	1455.0	8.18%
Noviembre	104.0	267.0	371.0	2.09%
Diciembre	27.0	70.0	97.0	0.55%
Anual	**4920.5**	**12864.0**	**17784.5**	**100.00%**

Fuente: PRDS

De acuerdo a la tabla anterior, la microrregión natural tiene el potencial hídrico para dotar de autosuficiencia al sistema urbano en cuanto al aprovechamiento del recurso. Cabe aclarar que se requiere realizar un estudio pormenorizado de la zona de estudio para identificar las mejores zonas de recarga, infiltración, almacenamiento, disminución de la velocidad de escorrentía, zonas de inundación, deslaves entre otras. Lo anterior para determinar las acciones concretas como obras de infraestructura, zonas de reserva o mejoramiento, recomendación de usos de suelo y políticas públicas relacionadas con el uso del agua, para incentivar el aprovechamiento del agua a interior de nuestra microrregión.

2.3. Conclusiones del capítulo 2

El estudio de las ciudades como ecosistemas urbanos, nos remite directamente a considerar y estudiar su entorno natural inmediato, para este caso dando prioridad al aprovechamiento del recurso agua, y darnos cuenta cómo y cuánto influyen diversos factores naturales en la dinámica de la ciudad de igual forma como desde la ciudad modificamos, adecuamos y trasgredimos de forma histórica, el funcionamiento "natural" de los ecosistemas originales donde se asienta la ciudad.

Para el caso que nos ocupa, definimos a la microrregión de acuerdo a criterios hídricos y una vez definido nuestro territorio analizamos algunas características naturales que nos dan una visión un poco más clara del comportamiento hídrico de nuestra zona.

Para dar respuesta al segundo objetivo de este trabajo que propone la descripción del comportamiento hidrológico de la microrregión y descubrir su potencial hídrico, destacamos algunos aspectos naturales que nos indican la viabilidad del aprovechamiento del recurso dentro de la zona de estudio.

Las zonas que presentan mejor recarga acuífera son las que van del 0 al 5% de pendiente y representan el 6% del área de la microrregión, sin embargo son zonas ubicadas a los costados del principal escurrimiento y se encuentran prácticamente urbanizadas por lo que su capacidad de recarga está muy disminuida.

De acuerdo al tipo de suelo, los litosoles ubicados al norponiente de la zona de estudio y que abarcan el 9.9% del área total, son los mejores para la infiltración, sin embargo, más del 60% de la superficie de esta zona tiene pendientes con más de 25%, por lo que su capacidad de infiltración se reduce. Tomando en cuenta que el 62% del total del área tiene presenta pendientes mayores al 25% y el 80% del tipo de suelo no es adecuado para una buena infiltración, la zona es principalmente de escurrimiento.

De acuerdo a lo anterior, afortunadamente las áreas de mayor pendiente (mayores a 25%), presentan poca alteración en sus suelos y vegetación por encontrarse en las partes más altas de la microrregión y zonas poco factibles de cultivar y urbanizar, por lo que se su capacidad de reducción de escorrentía del agua no se visto disminuida.

La micro-región presenta un potencial de agua aprovechable de 17.78 millones de m3 anuales para cualquier uso y observando que la aportación de agua pluvial a la microcuenca se concentra en los meses de junio a septiembre (con el 81% del total), es necesario realizar obras de retención y almacenamiento de agua, primeramente para disminuir la velocidad del agua y evitar erosión del suelo, deslaves y potenciar la infiltración y, segundo, realizar obras de captación y almacenaje que hagan aprovechable el agua durante época de estiaje.

Aun cuando, no analizamos la parte urbana, avizoramos que el recurso hídrico de la propia microrregión, es suficiente para satisfacer la demanda de agua de la población en sus usos y actividades.

Capítulo 3

El Aprovechamiento del agua en el Metabolismo Urbano de Chilpancingo

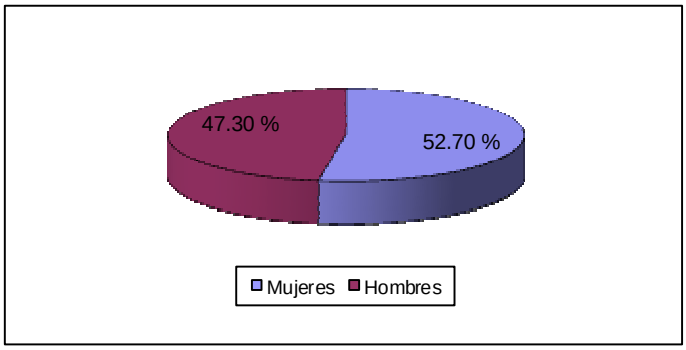
3.1. Factores socio-económicos de consumidores de agua en la ciudad

Como vimos en el primer capítulo, un factor importante del ecosistema urbano es precisamente el social, como un sistema eminentemente antrópico, este factor es fundamental para entender la relación de la sociedad con la forma de aprovechamiento de los recursos naturales, para este caso de estudio, el del agua. En este apartado analizaremos de manera general, características demográficas y económicas de la ciudad de Chilpancingo.

3.1.1. Disminución tendencial del crecimiento poblacional

Según el Conteo de Población y Vivienda, para el año 2005, la ciudad de Chilpancingo estimó una población total de 166,796 habitantes, de los cuales 78,905 son hombres y 87,891 mujeres. La población masculina corresponde a un 47.30% de la población total y la población femenina corresponde a un 52.70% con respecto a la población total.

Gráfica 1. Porcentaje de Hombres y Mujeres en la Ciudad de Chilpancingo, 2005**.**



Fuente: Elaboración propia con base al II Conteo de Población y Vivienda, INEGI, 2005.

La población de la ciudad de Chilpancingo arrojada para el año 2005 (166,796 hab.), significó un incremento de 24,050 habitantes con respecto a la población del 2000 (142,746 hab.); 69,631 habitantes respecto a la de 1990 (97165 hab.), 75,248 habitantes con respecto a la registrada en 1980 (99,298 hab.) y de 130,603 con respecto a la de 1970.

Tabla 11. Crecimiento poblacional, 1970-2005

Entidad	Población (Habitantes)				
	1970	1980	1990	2000	2005
Guerrero	1,597,360	2,109,513	2,620,637	3,079,649	3,115,202
Municipio de Chilpancingo	59,087	98,266	136,164	192,947	214,219
Centro de Población	36,193	67,498	97,165	142,746	166,796

Fuente: Datos estadísticos del X, XI y XII Censos y II Conteo Generales de Población y Vivienda, INEGI

Tabla 12. Tasa de Crecimiento Media Anual, 1970-2005

Entidad	Tasa de Crecimiento Medio Anual* (%)				
	70-80	80-90	90-00	00-05	70-05
Guerrero	2.8	2.25	1.6	1.08	1.9
Municipio de Chilpancingo	5.2	3.4	3.5	2.5	3.7
Centro de Población	6.4	3.7	3.9	2.8	4.4

Fuente: Datos estadísticos del X, XI y XII Censos Generales de Población y Vivienda, INEGI.

La Ciudad de Chilpancingo, durante el periodo 1970-2005, presentó una Tasa de Crecimiento Media Anual alta, que en promedio asciende a 4.4 %, superior a la expresada a nivel estatal (1.9%) y municipal (3.7%).

Derivado de lo anterior se puede afirmar que la Ciudad de Chilpancingo ha crecido en forma acelerada en las tres últimas décadas, pasando de una población de 36,193 habitantes en 1970 a 166,796 habitantes en el año 2005, que significa que la población aumento en 4.6 veces en 35 años y con ello la demanda de recursos naturales, espacio para asentarse, servicios urbanos e infraestructura.

La explicación de este crecimiento se deriva principalmente por las migraciones de la población rural hacia la capital del estado en busca de mejores oportunidades de empleo, vinculados a la cercanía con el creciente desarrollo turístico de Acapulco y a la presencia de oficinas de la administración pública en los tres ámbitos de gobierno y oferta educativa.

3.1.2. Perfil poblacional dominante en fase productiva

De acuerdo con la estructura demográfica por grupos de edad, la población infantil (0 – 14 años) representa el 33.6% respecto a la población total, lo que refleja la necesidad de equipamiento para este sector de la población, de tipo educativo, de salud, recreativos y deportivos.

Sin embargo, la población con mayor representatividad es la que se encuentra en edad de trabajar comprendida en el rango de 15 a 64 años, que representa el 62.6% de la población total. Esto significa un alto potencial de mano de obra demandante de empleo, bienes y servicios necesarios y sobre todo de infraestructura y del recurso hídrico que cada vez tendrá mayor déficit aunado al ya existente en la actualidad.

Tabla 13. Población de la Ciudad de Chilpancingo Grupos de Edad, 2005

Rango de edad	Total	Habitantes		%
		Hombres	Mujeres	
0 a 14	47,942	24,157	23,785	33.6%
15 a 64	89,360	41,268	48,092	62.6%
65 y más	4,695	2,005	2,690	3.3%
No especificado	749	360	389	0.5%

Fuente: XII Censo General de Población y Vivienda del Estado de Guerrero, INEGI, 2005.

3.1.3. Tendencia poblacional a futuro a la baja

Tabla 14. Población proyectada para la Ciudad de Chilpancingo 2005-2025

Entidad	Población Proyectada (Habitantes)				
	2005	2010	2015	2020	2025
Guerrero	3,251,188	3,428,888	3,618,448	3,814,334	4,018,836
Municipio	218,075	244,334	275,364	307,016	340,635
Centro de Población	**164,679**	**187,251**	**216,210**	**245,817**	**278,119**
Entidad	**Tasa de Crecimiento Medio Anual (%)**				
	2000-2005	2005-2011	2010-2015	2015-2020	2020-2025
Guerrero	1.08	1.07	1.06	1.05	1.04
Municipio	2.5	2.3	2.2	2.1	2
Centro de Población	**2.8**	**2.7**	**2.6**	**2.5**	**2.4**

Fuente: PDU Chilpancingo 2004.

De acuerdo al PDU 2004, se espera que la Ciudad de Chilpancingo en 20 años albergue una población total de 278,119 habitantes aproximadamente; esto, contemplando una tasa de crecimiento inicial del 2.8% que corresponde al último periodo registrado (2000-2005). Aun cuando la tasa de crecimiento muestre un claro descenso el número absoluto de habitantes irá en aumento lo que conlleva un mayor consumo de agua en total y per cápita que se analizará posteriormente.

Esta situación arroja una mayor demanda de suelo, vivienda, y servicios urbanos básicos que en general requiere la población creciente, entre otros de educación y salud.

3.1.4. El sector terciario aumenta en la economía urbana

Por otro lado, en la ciudad de Chilpancingo las actividades económicas son fundamentalmente de servicios administrativos y educativos realizados no solo por los habitantes de la ciudad, sino que también existe un alto porcentaje de personas que viajan a diario de localidades circundantes como Tixtla, Zumpango, Ocotito, Mazatlán, Chichihualco y otros puntos aledaños, por lo que se cuenta con una gran población flotante diaria y temporal, ésta última relacionada con población que vive en otras partes del estado, pero que trabaja o estudia en Chilpancingo, viajando casi todos los fines de semana o en temporadas de vacaciones; algunos estudiantes con perspectivas al término de sus estudios, de no regresar a su lugar de origen y radicar en la capital.

La agricultura principalmente y muy poco la ganadería, son las ramas de producción que prevalecen en Chilpancingo, y han ido disminuyendo con el avance de la mancha urbana, misma que ha provocado la pérdida de áreas productivas, obligando a que el abastecimiento de alimentos provengan de comunidades aledañas y en algunos casos de lugares más retirados como la ciudad de México, con el consecuente incremento al costo de los productos por concepto de transporte e intermediarismo. El espacio para vivienda cada vez demanda más área que alguna vez tuvo vocación agrícola y pecuaria.

La actividad ganadera se enfrenta entre otros problemas a la insuficiente infraestructura pecuaria, baja calidad genética de los hatos, bajos niveles de producción, desorganización de los productores e insuficiente apoyo crediticio.

Las áreas de aptitud productiva requieren de apoyos económicos y asesorías para su manejo, evitando ser utilizadas para nuevos asentamientos humanos. Se necesita un plan de reforestación de las laderas circundantes de la ciudad para evitar erosión y sus efectos desastrosos, así como el deterioro del paisaje urbano, dentro del cual se deben crear, respetar y mantener adecuadamente las áreas verdes.

En cuanto a la población económicamente activa[10] se refiere, en las últimas décadas la estructura ocupacional de la Ciudad de Chilpancingo ha presentado un incremento moderado respecto a la población total, al pasar de 28,889 habitantes en 1990 (29.7 %) a 54,730 habitantes en el año 2000 (38.3 %). Así mismo, la población desocupada presentó un avance al incrementarse de 732 habitantes en 1990 a 760 habitantes en el año 2000.

[10] Los datos se obtuvieron del Censo de Población y Vivienda 2000, INEGI. El II Conteo 2005, no desagrega los datos de la PEA.

Tabla 15. Población Económicamente Activa e Inactiva, 2000

Entidad	Población Económicamente Activa (PEA)		PEA desocupada		Población Económicamente Inactiva (PEI)	
	1990	2000	1990	2000	1990	2000
Guerrero	611,755	899,191	25,183	11,113	1,023,128	1,168,244
Municipio de Chilpancingo	36,313	67,883	1,065	888	51,622	68,380
Centro de Población	**28,889**	**54,730**	**732**	**760**	**35,493**	**48,676**

Fuente: XI y XII Censo General de Población y Vivienda del Estado de Guerrero, INEGI, 1990-2000.

Por su parte, el comportamiento de la población económicamente activa por sector, manifiesta un claro predominio hacia las actividades terciarias ya que el sector terciario representó para el año 2000, el 76.2 % (41,747 habitantes) con respecto al total de la población económicamente activa (54,730 habitantes).

En cuanto al sector primario, su participación ha sido decreciente, siendo evidente la disminución de la población dedicada a este tipo de actividades, al pasar en 1980 de 1,464 habitantes a tan solo 980 habitantes en el año 2000, situación que se refleja en la disminución de áreas productivas.

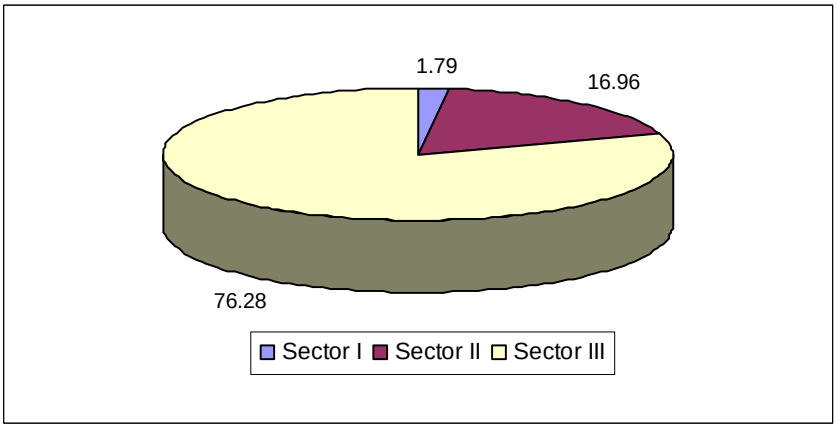
Finalmente el sector secundario presenta una tendencia estable, aunque con baja representatividad (16.9 %) con respecto al total de población económicamente activa.

Tabla. 16. PEA por sector económico, Ciudad de Chilpancingo, 2000

Sector	Habitantes	%
PEA	54,730	100
Primario	980	1.79
Secundario	9,283	16.96
Terciario	41,747	76.28

Fuente: XII Censo General de Población y Vivienda del Estado de Guerrero, INEGI, 2000.

Gráfica 2. PEA por sector económico, Ciudad de Chilpancingo, 2000



Fuente: XII Censo General de Población y Vivienda del Estado de Guerrero, INEGI, 2000.

La tendencia que ha tenido la PEA en las últimas tres décadas, tanto a nivel estatal como municipal y específicamente en el centro de población, muestra un claro predominio de las actividades de servicios, comerciales y administrativas, contrario a lo sucedido con el sector primario de actividades estrechamente productivas o agrícolas, el cual ha ido decreciendo en forma significativa.

Tabla 17. Población Económicamente Activa por Sector Económico, 1980-2000

Año	Entidad	PEA	Sector I	Sector II	Sector III
1980	**Guerrero**	719,154	318,424	60,078	166,924
	Municipio de Chilpancingo	32,223	6,093	3,644	10,948
	Centro de Población	**22,772**	**1,464**	**2,796**	**9,203**
1990	**Guerrero**	611,755	222,670	103,128	260,760
	Municipio de Chilpancingo	36,313	5,001	6,959	22,362
	Centro de Población	**97,165**	**993**	**5,386**	**20,099**
2000	**Guerrero**	899,191	237,618	179,984	449,029
	Municipio de Chilpancingo	67,883	5,178	12,544	46,878
	Centro de Población	**54,730**	**980**	**9,283**	**41,747**

Fuente: X, XI y XII Censo General de Población y Vivienda del Estado de Guerrero, INEGI, 1980,1990 y 2000.

Derivado de los datos censales, se evidencia que en la Ciudad de Chilpancingo, la población se orienta principalmente a desarrollar actividades educativas, de servicios, comerciales e incluso de tipo administrativo, en tanto que las actividades industriales y primarias se dan en menor medida. Por lo tanto, se requiere implementar estrategias que permitan impulsar y fomentar las actividades del campo sobre todo en materia de aprovechamiento forestal sustentable o en cultivos que restrinjan el avance de la mancha

urbana y permitan mantener los suelos como espacios de infiltración en las partes de menor pendiente y con vocación de cultivos.

3.1.5. Población predominante con ingresos bajos y limitada capacidad de pago

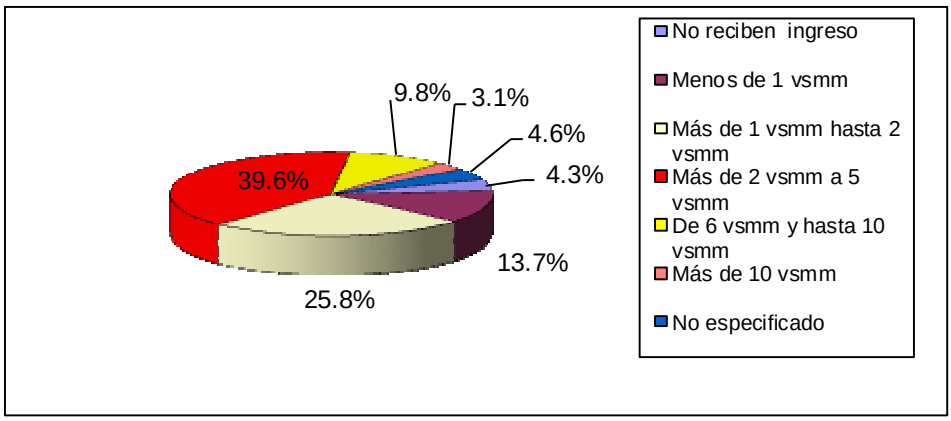
No obstante lo anterior, los grupos de ingreso en la ciudad de Chilpancingo se encuentran distribuidos en forma desequilibrada y resalta el alto porcentaje de población que percibe menos de 2 veces el salario mínimo (42.76%), lo que representa un total de 23,082 habitantes de la PEA ocupada.

Tabla 18. Población Económicamente Activa Ocupada por Grupo de Ingreso de la Ciudad de Chilpancingo, 2000

Grupo de Ingreso	Población	%
PEA Ocupada	**53,970**	**100.00**
No reciben ingreso	2,320	4.3
- 1 vsmm	6,825	12.7
Más de 1 vsmm y hasta 2 vsmm	13,937	25.8
Más de 2 vsmm a 5 vsmm	21,409	39.6
6 vsmm y hasta 10 vsmm	5,294	9.8
Más de 10 vsmm	1697	3.1
No especificado	2,488	4.6

Fuente: XII Censo General de Población y Vivienda de Guerrero, INEGI, 2000.
vsmm: significa veces el salario mínimo mensual.

Gráfica 3. Población Porcentual por Nivel de Ingresos, Chilpancingo, Gro., 2000.



Fuente: XII Censo General de Población y Vivienda, 2000 Guerrero, INEGI

Esta situación ha impactado en los patrones de ocupación del suelo, que se han enfocado en terrenos no aptos para el desarrollo urbano, ya que aunque tienen un menor costo, carecen de servicios públicos, acceso vial y se encuentran localizados principalmente en zonas de alto riesgo; por otra parte la disponibilidad de espacios susceptibles de urbanización está condicionada por la gran especulación de suelo.

El nivel de desempleo abierto en el municipio de Chilpancingo así como en su centro de población para el 2000, fue de 1.3% y 1.4% de la población económicamente activa (PEA) respectivamente (*ver tabla 19*); sin embargo, para este periodo, el 98.6% de la PEA está ocupada, situación a tomarse en cuenta para el crecimiento poblacional futuro, ya que en la proyección elaborada hasta el 2025 donde la población será de 278,119 habitantes, lo que indica que requerirá de más oportunidades de trabajo paralelo a una mejor remuneración. De continuar la tendencia referida, es probable la expansión de las actividades terciarias y un incremento en el desempleo, multiplicándose los estratos de población de bajos ingresos y la ocupación de suelo no apto de desarrollo urbano y una mayor presión al equilibrio ecológico de la zona.

Tabla 19. Índice de Desempleo en el municipio y Ciudad de Chilpancingo, 2000

Entidad	**Población Económicamente Activa**					
	Total	**Ocupada**	**%**	**Desocupada**	**%**	**Índice de Desempleo**
Municipio de Chilpancingo	67,883	66,995	98.6	888	1.3	**1.3%**
Centro de Población	**54,730**	**53,970**	**98.6**	**760**	**1.3**	**1.4%**

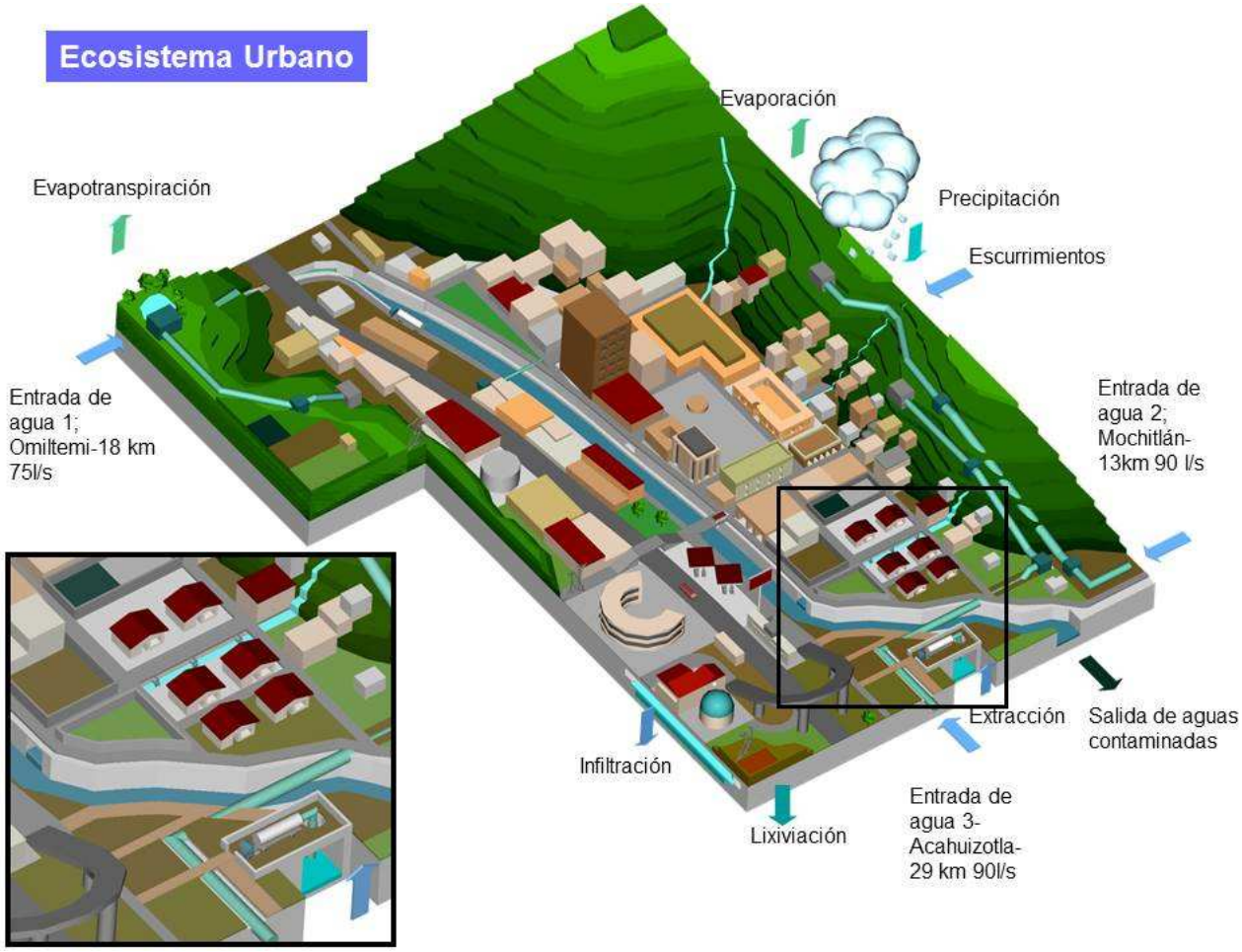
Fuente: XII Censo General de Población y Vivienda de Guerrero, INEGI, 2000.

Uno de los problemas que se pronostican es la presión que los suelos limítrofes con la mancha urbana tendrán para convertirse en asentamientos humanos, estos suelos como vimos antes, necesitan conservarse ya que presentan pendientes que van por arriba del 25% y cada vez con mayor alteración en su composición original, por lo que se vuelven muy susceptibles a la erosión hídrica y a los deslaves y derrumbes de mayores proporciones lo que implica un riesgo serio para la población asentada en estos lugares y en las partes bajas de las mismas.

3.2. El proceso de aprovechamiento del agua en la ciudad

Desde la perspectiva ecosistémica, la problemática relacionada con la disponibilidad y calidad del recurso agua para uso y consumo de la población tiene que tomar en cuenta diversos factores y actores que van configurando el proceso del aprovechamiento del recurso en la ciudad y su microrregión (*ver figura 20*). Desde esta visión, toma mayor relevancia la integración del aprovechamiento del recurso con las características naturales de la microrregión y su equilibrio ecológico que nos encaminen a encontrar las mejores alternativas que dirijan al proceso en lo más posible a los preceptos de la sustentabilidad urbana

Fig. 20. El ciclo urbano del agua en Chilpancingo, Gro.



Fuente: Elaboración propia

El análisis del metabolismo urbano tiene ver con las formas y cantidades de uso y consumo de los recursos dentro de la ciudad, para este estudio nos referimos al recurso hídrico, analizaremos entonces este proceso desde sus fuentes, la distribución y su disposición final en un marco urbano y sin olvidar su microrregión natural.

La dotación de infraestructura para atender a la demanda ascendente de los habitantes de la Ciudad de Chilpancingo presenta limitación en su cobertura y calidad del servicio, debido a que las características topográficas del terreno no permiten el abasto continuo y la dotación en algunos casos por los altos costos que esto representa.

Tabla 20. Viviendas particulares de Chilpancingo según disponibilidad de drenaje, agua potable y energía eléctrica, 2005

Disponibilidad	Viviendas	Porcentaje
Total de viviendas habitadas	37,430	100.00
Con agua entubada *	28,648	76.53
Con drenaje *	34,642	92.55
Con energía eléctrica *	35,277	94.25

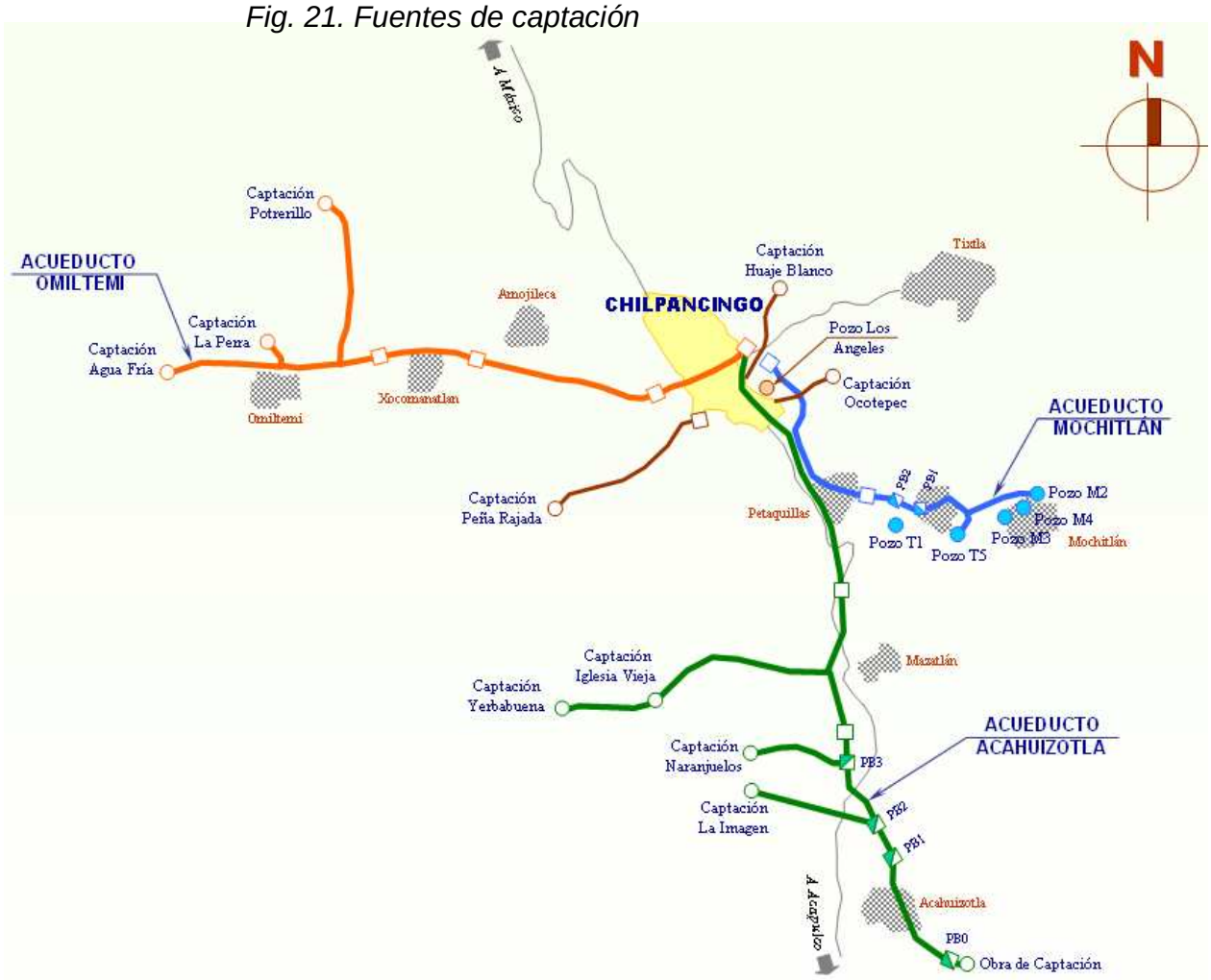
Fuente: II Conteo de Población y Vivienda, INEGI, 2005.

Según los datos arrojados por el II Conteo de Población y Vivienda, en la Ciudad de Chilpancingo existen un total de 37,430 viviendas habitadas, de las cuales sólo el 74.60 % (27,922 viviendas) cuentan con los servicios de drenaje, agua potable y energía eléctrica, mientras que el resto de las viviendas (9,508) carecen de uno o dos de estos servicios representando el 25.40 %.

3.2.1. Fuentes de abastecimiento y captación: internas y externas

Bajo este contexto, la Ciudad de Chilpancingo cuenta con nueve principales fuentes de abastecimiento de agua, siete pozos, un río y un manantial, entre las que destacan: Omiltemi, Iglesia Vieja, Huaje Blanco, Ocotepec, Acahuizotla, Mochitlán y Pozo los Ángeles, con características para uso potable, que dan servicio a la población, las cuales se encuentran administradas por la Comisión de Agua Potable y Alcantarillado de Chilpancingo (CAPACH). Sin embargo en general las fuentes se clasifican en tres principales subsistemas que son: 1) Subsistema Omiltemi; 2) Subsistema Mochitlán y; 3) Subsistema Acahuizotla, además de otras fuentes que los complementan. De acuerdo a la clasificación anterior analizaremos las características de los principales subsistemas.

Fig. 21. Fuentes de captación



Fuente: CAPACH 2005

Tabla 21. Características de las fuentes en condiciones actuales

No	SUBSISTEMA	Gastos (promedio) l/s		Desnivel (bombeo)	Dureza total
		ESTIAJE	LLUVIAS	(m)	(mg/l)
1	Omiltemi	60	90	Gravedad	< 100
2	Mochitlán	90	100	300	480 – 1,000
3	Acahuizotla	90	100	570	< 440
4	Otras fuentes	20	35	Gravedad	
	Total	**260**	**325**		

Fuente: CAPACH 2005

De la tabla anterior decimos que solo una de las fuentes se encuentra dentro de la microrregión definida en el capítulo anterior, que corresponde al subsistema Omiltemi y que alimenta de agua a la red por gravedad por lo que es la que menor costo representa ya que no requiere bombeo para su funcionamiento, sin embargo es la que baja más su gasto en la época de estiaje.

Considerando las otras dos fuentes de captación más importantes, el subsistema Mochitlán se encuentra localizado aguas abajo de nuestra microrregión, por lo que el suministro de líquido se realiza por bombeo hasta la ciudad, haciendo un recorrido de 18 kilómetros y remontando un desnivel de 300 metros. Esta fuente es la que presenta mayor grado de dureza en el agua considerada como muy dura.

El subsistema Acahuizotla es el que se encuentra en otra subcuenca presentándose un problema de trasvase y desestabilizando el ecosistema natural de donde se extrae el agua. La línea de conducción recorre aproximadamente 27 kilómetros y remonta un desnivel de 570 metros por lo que el bombeo del agua es constante y el consumo de energía permanente.

3.2.1.1. Deficiencias en las condiciones de operación

Debido a la falta de suministro de la red, a los problemas de reducción de capacidad hidráulica de la tubería por las incrustaciones de sales y a la falta de infraestructura para la distribución de agua potable, el organismo operador de la ciudad (CAPACH), se ha visto en la necesidad de prestar el servicio a través de tandeos programados por días de la semana para cada una de las colonias y en algunas hasta por más de un mes en las zonas altas.

Esta condición se ha tratado de minimizar con la construcción de líneas entre los diferentes tanques de regulación y entre los diferentes puntos de entrada al sistema.

Dadas las características topográficas de la localidad, el servicio se presta por medio de redes de distribución abajo de la cota 1,458 msnm que es la ubicación del tanque con mayor elevación del sistema.

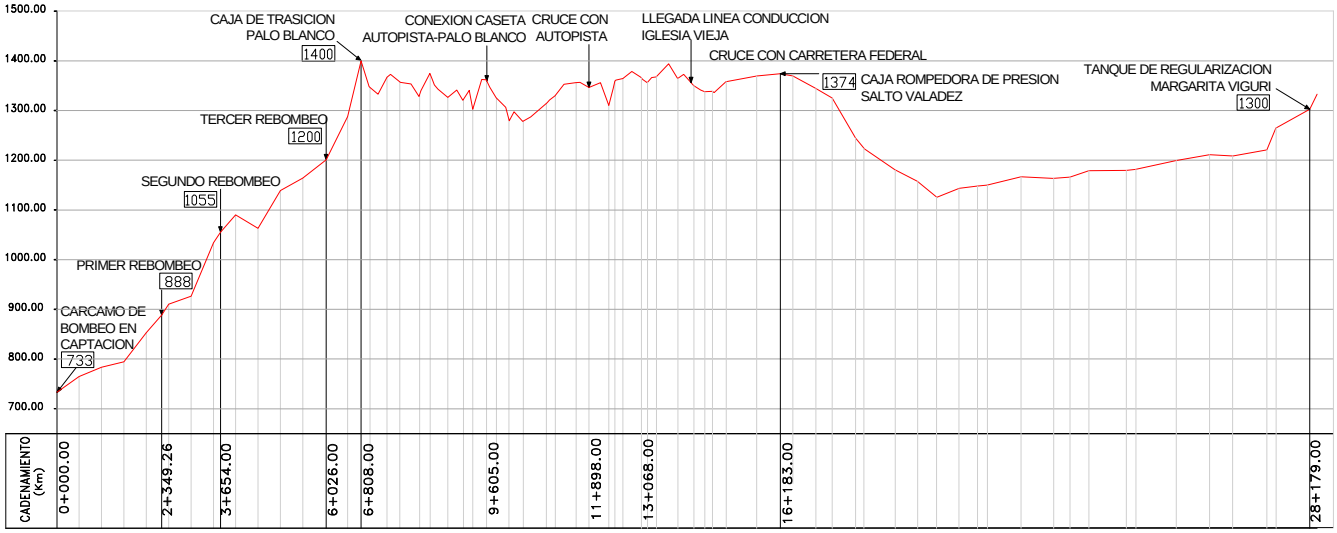
Arriba de esta elevación, el servicio puede ser prestado con carros tanques de la CAPACH o por medio de fuentes propias o manantiales. Este servicio, definido como no formal, no puede ser considerado dentro de la cobertura del organismo operador, ya que no cumple con los requerimientos de continuidad, calidad y presión adecuada.

3.2.1.2. Líneas de conducción insuficientes para el funcionamiento actual convencional

Subsistema Acahuizotla.- Este subsistema opera desde 1977 aprovechando el agua captada procedente de la gruta de Acahuizotla, ubicada al Sur de la Ciudad. Está constituido por 1 Captación y 3 Rebombeos, dando un total de 4 plantas de bombeo. En las estaciones Captación, Rebombeo I y II se tienen instalados 4 equipos de bombeo por planta, con capacidad de 20 H.P. y 4 equipos más de 250 H.P. instalados en la estación

Rebombeo III. La línea de conducción tiene una longitud total de 26,976 metros, con diámetros de 16 y 18". Este sistema cuenta con la incorporación de los manantiales Iglesia Vieja, Naranjuelos y La Imagen, los cuales operan durante la época de lluvias; así mismo, durante esta época, no se bombea agua de la captación principal.

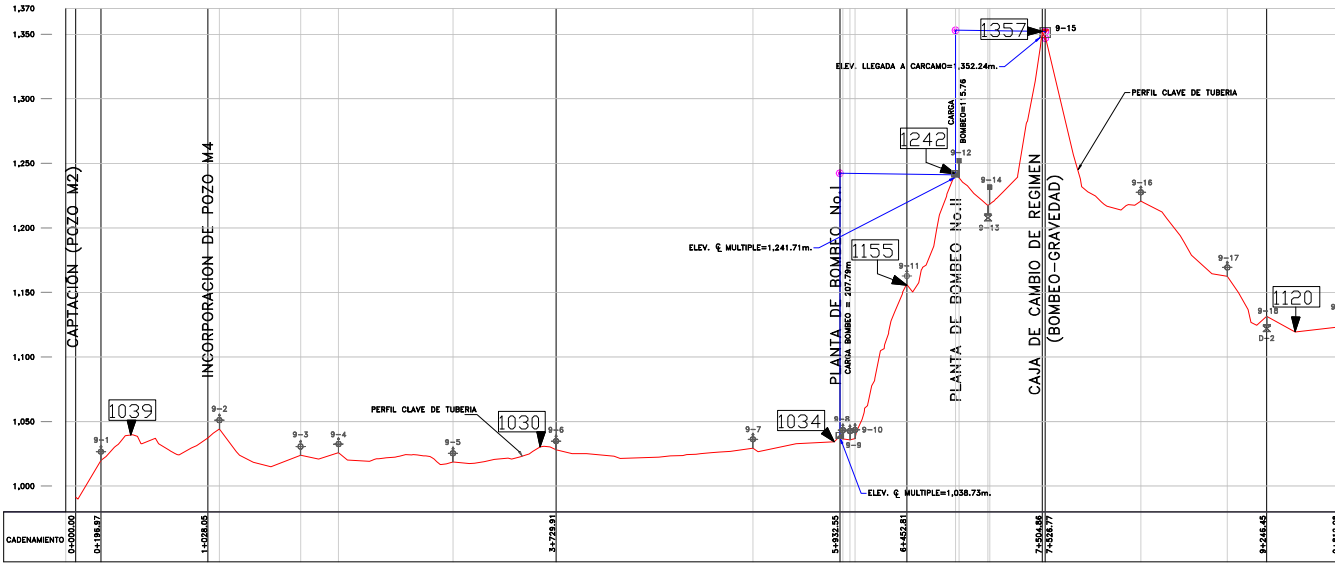
Figura 22. Perfil general del subsistema Acahuizotla

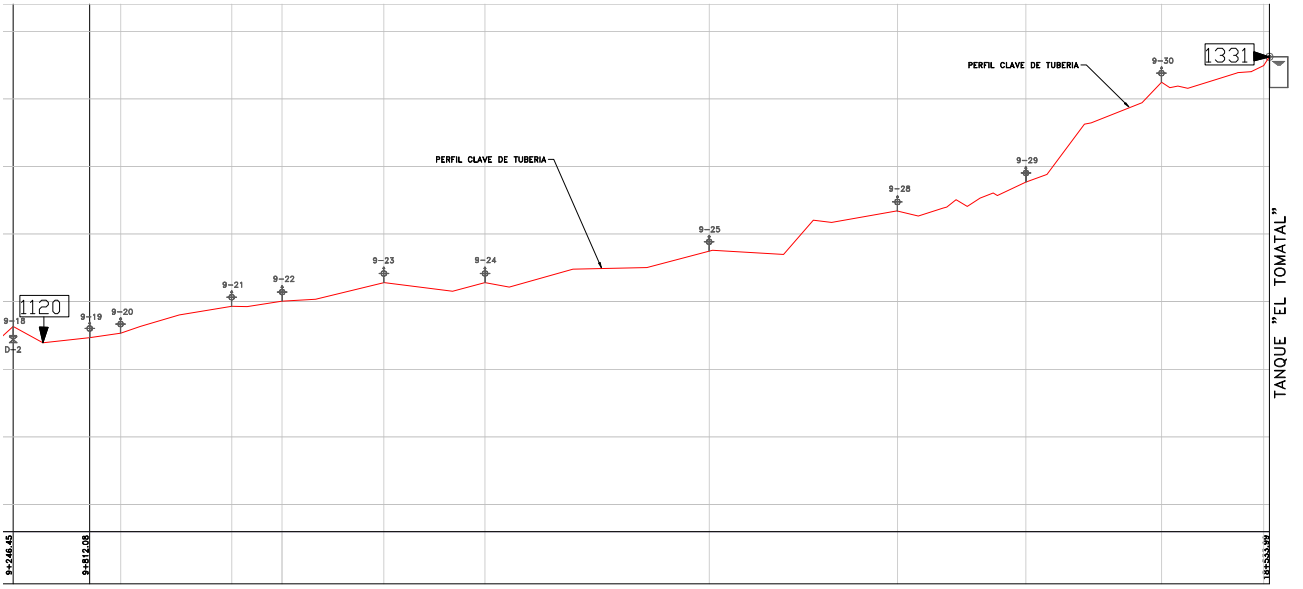


Fuente: CAPACH-SEINPRO

Subsistema Mochitlán.- Este sistema está compuesto por una batería de pozos profundos. El proyecto inicial de este sistema contempló la construcción de 7 pozos, sin embargo, actualmente, solo se operan 4 de ellos, los cuales son el M2, M4, T1 y T5. Todos los pozos cuentan con equipos de bombeo sumergibles con capacidad de 150 H.P. excepto el Pozo M4, el cual cuenta con una bomba sumergible de 100 H.P. El agua explotada de los pozos converge en la planta de bombeo No. 1, en la que se tienen 5 equipos de bombeo verticales tipo turbina con capacidad de 300 H.P. Así mismo, este sistema cuenta con la planta de bombeo No. 2, en la cual se tienen instalados 5 equipos de bombeo verticales tipo turbina de 150 H.P. La línea de conducción cuenta con una longitud total de 17,875 metros con un diámetro principal de 24".

Figura 23. Perfil general del subsistema Mochitlán.

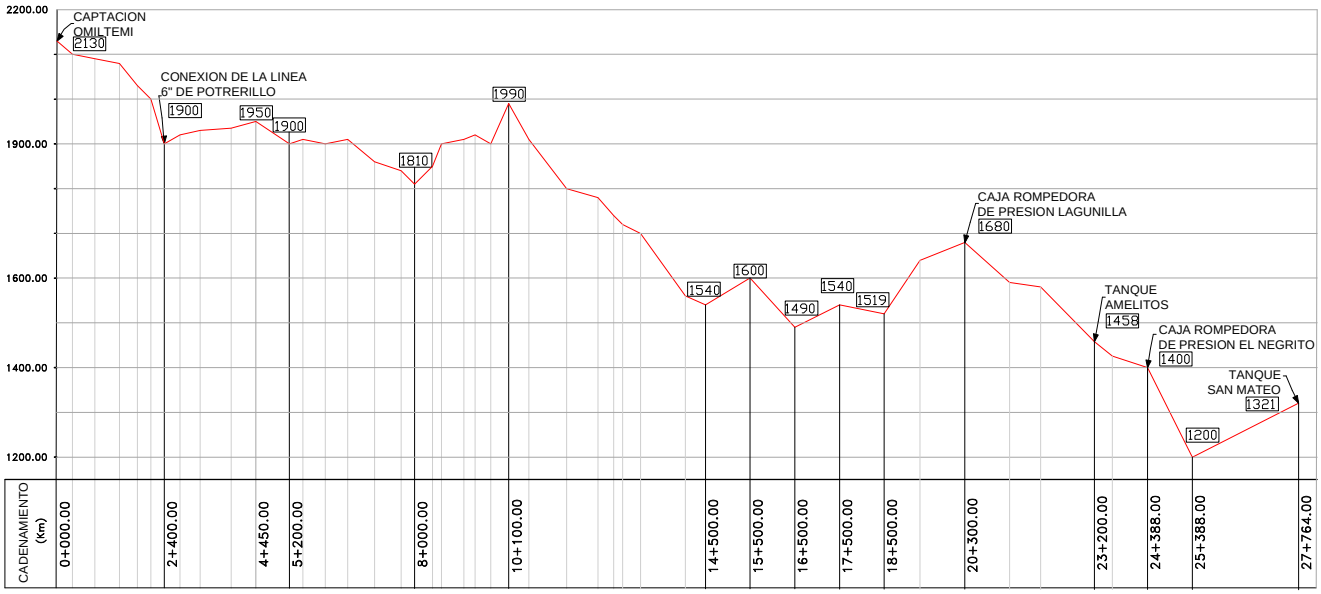




Fuente: CAPACH-SEINPRO

Subsistema Omiltemi.- Este sistema que funciona por gravedad, está compuesto por tres manantiales, que son La Perra, Agua Fría y Potrerillos. Cuenta con tres captaciones y un tanque mezclador para las aguas del Agua Fría y La Perra. El caudal del manantial Potrerillos se incorpora directamente a la línea de conducción, la cual tiene una longitud total de 24,921 metros, con diámetros de 12", 8" y 6".

Figura 24. Perfil general del subsistema Omiltemi.



Fuente: CAPACH-SEINPRO

3.2.1.3. Fuentes de abastecimiento de un sistema convencional no sustentable

Subsistema Acahuizotla

CAPTACIÓN.- En época de lluvias, la captación se azolva continuamente, lo cual imposibilita el bombeo.

LINEA DE CONDUCCION.- Todas las válvulas de admisión y expulsión de aire, no funcionan, así como los desagües existentes. Existe un tramo de la línea de conducción en la que los atraques o silletas ya no cumplen su función y es necesaria la construcción de unos nuevos. Así mismo, existen fugas en varios puntos de la misma siendo los más notorios en las juntas de expansión. La caja de transición se encuentra en mal estado y debido a que no funcionan las válvulas de admisión y expulsión de aire en el tramo Caja de transición – caja rompedora de presión Salto Valadez, la línea de conducción solo tiene capacidad para 110 lts/seg.

EQUIPOS DE BOMBEO.- De los 16 equipos instalados, 5 ya se encuentra fuera de operación y requieren de rehabilitación, los restantes trabajan con baja eficiencia, con un caudal mínimo de 49 lts/seg hasta un máximo de 65 lts/seg, existiendo con ello un desbalanceo de 16 lts/seg. Lo cual ocasiona problemas de operación y genera altos costos por concepto de energía eléctrica. Por otro lado el 70 % de las válvulas check no sellan adecuadamente y todas las válvulas contra golpe de ariete instaladas en las plantas no funcionan ninguna.

SUBESTACIONES.- De los 16 transformadores instalados 10 de ellos presentan problemas de fuga de aceite y 4 de ellos actualmente se encuentran fuera de operación

debido a que ya no es segura su operación. En las 4 subestaciones existentes, ninguna cuenta con un sistema de tierras adecuado; la mayoría de los cortacircuitos fusibles se encuentran en mal estado, así mismo algunos aisladores y crucetas se encuentran en mal estado y también existen algunas bajadas y buses que no son del calibre adecuado. Por otro lado, es necesario sustituir los puentes de transferencia existentes en el Cárcamo III, ya que se encuentran en mal estado.

EQUIPOS DE CONTROL.- La mayor parte de los dispositivos de control (arrancadores a tensión reducida tipo autotransformador) son muy antiguos y por consiguiente la calibración de los contactores ya no se puede realizar de la mejor manera. Por otro lado, debido a que no es posible la calibración, los equipos presentan pérdidas de energía eléctrica, por lo que es necesaria su sustitución, con el objeto de mejorar la eficiencia y optimizar la operación.

Subsistema Mochitlán

CAPTACIONES.- Los 4 pozos profundos que actualmente opera el sistema, presentan grados de abatimiento de hasta 3 metros durante todo el año.

LINEA DE CONDUCCION.- El 75 % de las válvulas de admisión y expulsión de aire requieren de mantenimiento; así mismo existen fugas menores en las juntas de expansión.

EQUIPOS DE BOMBEO.- Todas las bombas sumergibles instaladas en los pozos, operan sin ningún problema. Los equipos de bombeo verticales tipo turbina de las Plantas de Bombeo No. 1 y 2, requieren de mantenimiento.- las válvulas contra golpe de ariete no funcionan. Por otro lado, existe una esquina fracturada en el cárcamo de bombeo de la planta de bombeo No. 2. el 60 5 de la válvulas check no sellan.

SUBESTACIONES.- todos los transformadores de este sistema requieren de mantenimiento. Los cortacircuitos se encuentran en mal estado. El sistema de tierras no es el adecuado de acuerdo a la capacidad de las subestaciones.

EQUIPOS DE CONTROL.- La planta de bombeo No. 2 carece de 2 arrancadores a tensión reducida tipo autotransformador para 150 H.P. Actualmente solo se pueden operar tres equipos en esta planta. Por otro lado, en la planta de bombeo No. 1 también falta un arrancador para 300 H.P.

Subsistema Omiltemi

OMILTEMI.- Las captaciones presentan deterioro físico. Las líneas de conducción existentes de las captaciones Agua Fría y La Perra al tanque “Mezclador” presentan corrosión y fugas en varios puntos. Solo existen tres válvulas de admisión y expulsión de aire en toda la línea y se encuentran en mal estado. El acueducto, técnicamente no opera eficientemente debido a que siempre está derramando el vertedor de excedencias por lo que no se aprovecha el total de la producción de los manantiales. Por otro lado, el caudal del manantial Potrerillos solo es utilizado en época de estiaje (alrededor de 4 meses al

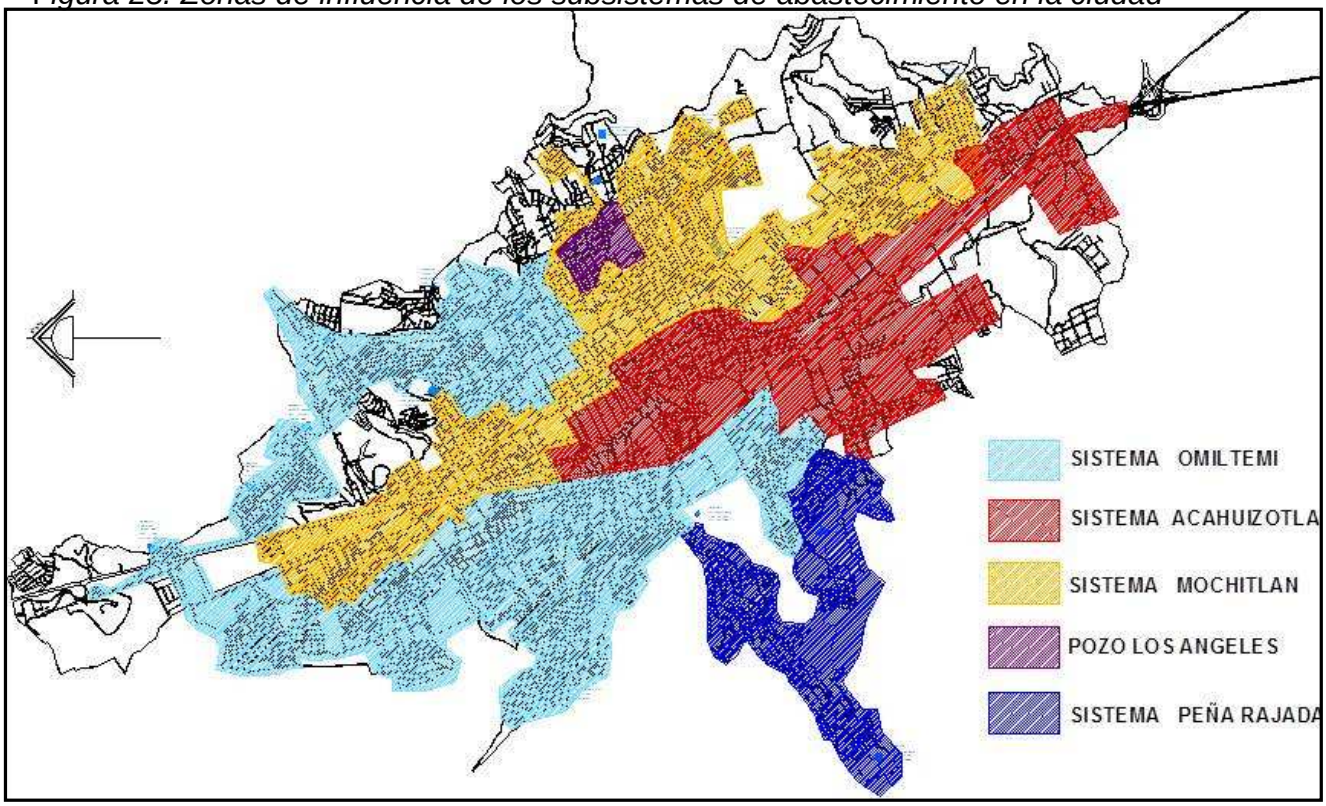
año) ya que la línea de conducción no tiene la capacidad para conducir más de 55 l.p.s. las tres cajas rompedoras de presión con que cuenta este sistema se encuentran en mal estado.

3.2.2. Rezago y mala calidad en el abasto de agua a toda la ciudad

La mancha urbana ha rebasado la elevación máxima de servicio de la infraestructura actual (cota 1458). La distribución de agua de la ciudad de Chilpancingo es básicamente a través de tanques de regulación, con sólo una zona con bombeo directo a la red dentro de la influencia del acueducto Acahuizotla. Esta característica hace que toda la mancha urbana con elevación superior a dichos tanques quede fuera del área de influencia del sistema de agua potable de la ciudad. Esta condición, adicionada a la falta de planeación en el desarrollo urbano en las partes más elevadas hace que el 26% de la ciudad no pueda ser abastecida a través de la red de la ciudad.

La cobertura del servicio es del 74%, con zonas arriba de las cotas de los tanques actuales que no pueden ser abastecidas con agua potable con la infraestructura actual y áreas que no tiene servicio aunque están rodeadas de infraestructura. El sistema operador (CAPACH), tiene registradas 406 colonias en la ciudad (2005), de las cuales 205 colonias se les proporciona el servicio por la red existente, las restantes 191 se abastecen por carros cisterna del organismo o por particulares. En la siguiente figura se pueden observar las áreas con servicio de acuerdo a las zonas de distribución.

F*igura 25. Zonas de influencia de los subsistemas de abastecimiento en la ciudad*



Fuente: CAPACH 2005

La potabilización en el sistema se lleva a cabo mediante la cloración del agua. Para el caso del subsistema Omiltemi, la ubicación del punto de desinfección abarca la mayor parte de su área de influencia, sin embargo, la derivación al poblado de Amojileca queda fuera de su alcance.

Para el subsistema Acahuizotla, se cuenta con un punto de cloración en la caja cambio de régimen Salto Valadez, lo cual permite desinfectar toda el agua entregada al sistema.

Para el caso del subsistema Mochitlán, la ubicación del punto de cloración en el Tanque Tomatal, deja fuera de su alcance a las derivaciones que se tienen a lo largo de la línea de conducción.

La distribución del agua se realiza por tandeos lo que significa para algunas zonas de la Ciudad de Chilpancingo contar con abastecimiento de agua una vez por mes. Hacia el Norte de la ciudad y en las porciones más elevadas es donde se agrava más la situación. Aún la población que cuenta con servicio “regularmente” por tandeo tiene que completar su abasto mediante la contratación de pipas.

La zona de la ciudad que recibe el servicio en mejores condiciones es la porción Sur, donde las elevaciones son menores y es suministrada con el agua procedente de Acahuizotla y Mochitlán.

Si bien el volumen existente en los tanques de almacenamiento de la Ciudad es teóricamente más que suficiente (casi 11 mil m^3), el problema es que no se sitúan en el lugar idóneo, por lo que para mejorar el sistema de distribución es necesario contar con almacenamiento en sitios más elevados y algunos refuerzos para conducir el agua entre ellos.

El sistema de distribución está conformado por varias redes no integradas. La red primaria distribuye el agua proveniente de las fuentes hacia las redes secundarias ya sea por medio de los tanques de almacenamiento o de manera directa.

La construcción de la red se ha ido realizando tratando de satisfacer las necesidades de abastecimiento, amoldándose al crecimiento de la mancha urbana y limitándose a los recursos disponibles de la CAPACH. Este tipo de crecimiento y los grandes desniveles por vencer han ocasionado que no exista una red de distribución integrada, más bien el sistema está conformado por varias redes de distribución secundarias independientes, lo cual nos sugiere que es deficiente ese tipo de distribución, pues evita la formación de zonas de distribución sujetas a presiones hidrostáticas elevadas, lo que conllevaría a una mayor cantidad de fugas en la red.

La red de distribución está compuesta principalmente por tuberías de PVC y Asbesto Cemento y con diámetros que van desde 1 1/2” hasta 16”. La mayor parte de las tuberías cuenta con una antigüedad entre 10 y 40 años.

Un problema en la red de distribución es el de las pérdidas físicas en tuberías y válvulas de seccionamiento, las cuales se calculan en casi 20% del caudal que llega a la ciudad. Este problema podrá ser subsanado parcialmente por un programa de rehabilitación de

las tuberías, pero deberá realizarse un programa de detección y reparación de fugas como parte de los programas de mantenimiento preventivo de la CAPACH.

Sin embargo, el área encargada de la reparación de fugas no se cuenta con un almacén de materiales, en el cual exista lo necesario para realizar sus labores. Al descubrir una fuga, se realiza la solicitud del material, teniendo que ser autorizada su compra de manera burocrática, con la autorización de varios funcionarios. Esto retrasa significativamente los trabajos de reparación.

No se cuenta con un registro adecuado de las reparaciones realizadas, y los recursos empleados. Este tipo de control es indispensable ya que permite conocer las zonas con mayor incidencia de fugas e identificar sus causas.

Lo antes mencionado hace evidente el descuido que prevalece en la atención de fugas en tomas domiciliarias y red secundaria, lo que tiene por consecuencia un alto índice de cuadros de medidor y válvulas de seccionamiento con fuga.

En el caso de que las líneas de conducción que trabajan con cárcamos de bombeo y tengan entrega en ruta, somete los equipos de bombeo a diferentes presiones de trabajo aumentando el consumo de energía eléctrica por baja eficiencia en las bombas y acorta la vida útil de los equipos, redundando en un gasto adicional para el organismo.

De esta manera, se puede establecer que esta operación no sólo reduce el área de servicio en la ciudad, sino que repercute en costos de mantenimiento correctivo al favorecer la presencia de fugas en el sistema.

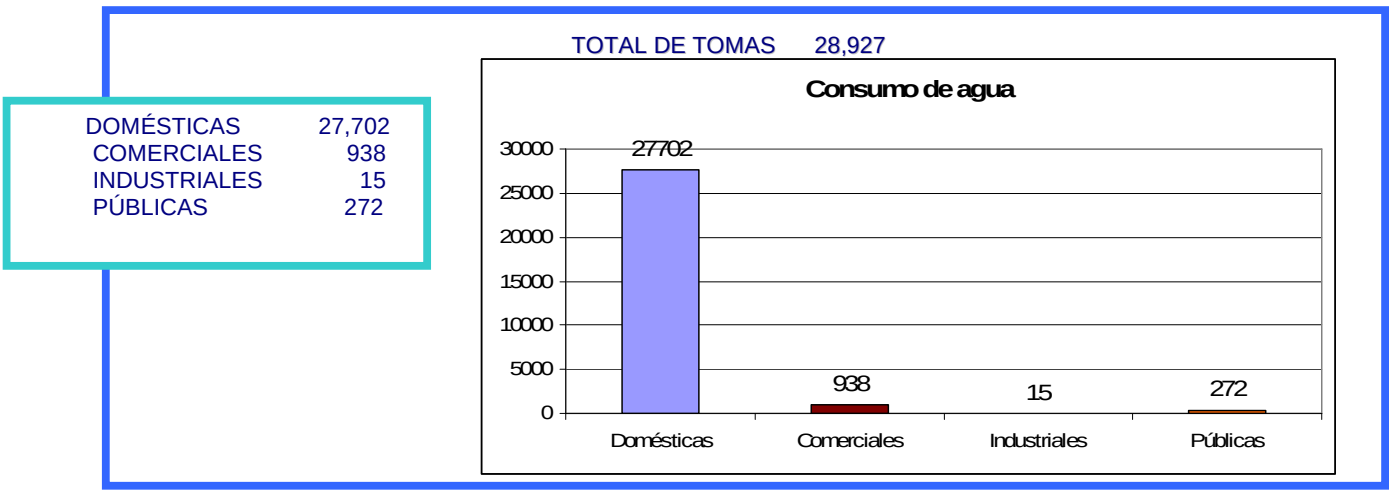
Las altas concentraciones de dureza en el agua con la que se abastece la ciudad, sobre todo del subsistema Mochitlán, favorecen las incrustaciones de sales en la tubería teniendo el mismo efecto que en las líneas de conducción, por lo que es necesario establecer un programa de rehabilitación de la tubería y desendurecimiento de agua, cuyas principales características deberían incluir la ampliación de los diámetros en aquellas líneas de alimentación a las zonas de distribución, sustituir aquellas zonas que han cumplido con su vida útil que presentan mayores problemas de incrustación e incluir las tuberías de aquellas zonas con alta incidencia de fugas.

En resumen, no es necesario únicamente suministrar más agua a la ciudad, sino realizar las obras necesarias de ampliación y rehabilitación del sistema de distribución para asegurar que el agua realmente satisfaga las necesidades de la población, disminuyendo el porcentaje de agua que se pierde a través de fugas en la red.

En las condiciones actuales el suministro promedio en todo el año es del orden de 280 l/s y el consumo aparente de los usuarios domésticos atendidos por el Organismo Operador es de 98 litros por habitante por día. La dotación del agua potable requiere un gran esfuerzo social y presupuestario, ya que actualmente CAPACH atiende sólo a 28 927 usuarios de los cuales, 27 mil 702 son de tipo doméstico, 938 comercial, 15 de uso industrial y 272 de servicio público. (*Ver gráfica 4*)

De a acuerdo a la cantidad de viviendas particulares habitadas para el 2005 era de 37,430, si se atienden a 27,702 la diferencia es de 9,728 familias sin prestarle el servicio lo que representa un gasto promedio de 55 l/s diarios adicionales para atender el déficit actual, solo en la parte de las tomas domiciliarias. Sin embargo hay que tomar en cuenta que es necesario ampliar la red existente en cuanto a tubería y tanques de almacenamiento y distribución, lo que representa una inversión de alrededor de 500 millones de pesos.

Gráfica 4. Tomas en el organismo al 30 de diciembre del 2005



Fuente: Información elaborado con datos del departamento comercial de la CAPACH.

Tabla 22. Resumen del consumo anual, de tomas y facturación emitida (2005)

Usuarios	Consumo en m³ (anual)	Precio por m³ en pesos	Facturación en pesos	Número de Tomas	Consumo promedio por toma en m³	Consumo promedio diario en litros por toma
Domésticos	4,896,907	3.5	17,139,176	27,702	176,770	488
Comerciales	342,990	12.62	4,329,599	938	365,660	1,001
Industriales	27,850	33.16	923,741	15	1,856	5,086
Públicas	461,920	14.37	6,638,549	272	1,698	4,652
TOTAL	5,729,667		29,031,066	28,927		

Fuente: CAPACH.

De acuerdo al volumen de agua total consumido para el año 2005, el promedio es de 182 l/s, sin embargo según la tabla 21, el abasto diario anual de los tres subsistemas existentes es de 260 l/s, teniendo una diferencia de 78 l/s diarios que se pierden o no se

facturan, que corresponden a un 30% del agua que ingresa a la ciudad. Considerando que el dato de déficit actual es de 55 l/s diarios, se resolvería haciendo más eficiente el sistema de distribución de agua sin necesidad de importar más líquido a la ciudad.

A la ciudad, no se le ha podido dar una cobertura mayor del 74%, debido a la red de distribución que fue diseñada para alimentar a las colonias que se ubicaran por debajo de la cota 1350 msnm, que hasta el Plan Director de Desarrollo Urbano de 1993 era considerada como límite para el desarrollo urbano; sin embargo, actualmente esta cota ha sido rebasada, encontrando asentamientos por arriba de la cota 1400 msnm y algunos inclusive sobre la 1450 msnm, problema técnico que no permite una solución al corto plazo.

Por otro lado, la población que se ve atendida por la red existente sufre del suministro del vital líquido, ya que la adición de nuevas fuentes de alimentación a lo largo de la historia de la ciudad, tratando de aumentar la dotación diaria, se hizo sin la debida planeación, ocasionando una serie de interconexiones y seccionamientos, lo que no permite un abasto continuo, usándose el tandeo para tratar de aliviar esta problemática, provocando diferencias de abasto, puesto que mientras hay colonias que se encuentran sobre las líneas alimentadoras principales que cuentan con agua todos los días de la semana, hay colonias que tienen una vez a la semana o al mes su ración, ocasionando inconformidad en la población.

En la ciudad el abasto se complementa gracias a una infinidad de carros cisterna que de manera particular o del propio ayuntamiento surten a esta población y estas pipas, a su vez, se surten de varios pozos cercanos o dentro de la misma ciudad; lo que contempla la cantidad de agua que por el tipo de suelo y la presencia del Río Huacapa, da abasto más que suficientemente a todos los habitantes, además existen colonias en la periferia que se abastecen por manantiales que subsisten durante casi todo el año.

Se debe considerar la utilización de todos los pozos y manantiales que se encuentran en la zona para disminuir la cobertura de la red de agua. Si de manera puntual se resuelve el problema de unas pocas colonias, las fuentes importantes de abastecimiento podrían continuar con su cobertura. Es importante prohibir el desarrollo de nuevas colonias o fraccionamientos por arriba de los tanques de regularización establecidos, porque además de tener pendientes inadecuadas no contarán con la cobertura de la red de agua.

Si el fraccionador demuestra que de manera individual puede dar el abasto y el suministro adecuado al nuevo asentamiento sin necesidad de conectarse a la red existente, se podría contemplar el desarrollo, por lo menos para el caso del agua, pero serían casos extremadamente raros.

3.2.3. Disposición final de aguas servidas que contaminan el rio Huacapa

La Ciudad se ha desarrollado en una topografía que complica la dotación de los servicios, los asentamientos humanos van escalando las laderas de los cerros ocupando sitios con cotas cada vez mayores fuera del alcance de la infraestructura existente, por otra parte el sistema de drenaje natural (barrancas) constituye un obstáculo para plantear soluciones sencillas.

Si bien la configuración del terreno es complicada, al menos define claramente los drenajes naturales en un solo sentido general lo que facilita en cierta medida la recolección de las descargas de aguas residuales

El drenaje natural de la zona donde se asienta Chilpancingo está conformado por el río Huacapa, que cruza la ciudad y 26 barrancas que descargan al cauce del mismo río y que constituyen sus afluentes en este tramo. En época de estiaje el río Huacapa y las barrancas están prácticamente secos, excepto por las aguas residuales que conducen.

Figura 26. Drenaje Natural de la ciudad

Fuente: Elaboración propia a partir de Google earth

Las barrancas más importantes que se originan en las elevaciones del Huiteco y Machohua, pueden ocasionar eventualmente grandes avenidas. Lo anterior se desprende del hecho de que la distancia entre estas elevaciones y la mancha urbana es muy corta y de pendiente inclinada por lo que los escurrimientos que se forman en época de lluvias, al ser afectada el área por sistemas ciclónicos como tormentas tropicales o huracanes, pueden transportar grandes volúmenes de agua y materiales sólidos a las partes bajas, utilizando como drenaje natural, las depresiones naturales de la topografía local.

En la ciudad se localizan el Río Huacapa con una longitud de 11,032 metros y las barrancas principales, con los datos siguientes

Tabla 23. Principales escurrimientos en la ciudad

No.	Nombre Barranca	Longitud total (*)
1	Río Huacapa Parte Alta	11032 m
2	Chuchululuya	1560 m
3	Tecolotes	2000 m
4	Casuarinas	1352 m
5	Alpoyeca	2920 m
6	El aguacate	920 m
7	Coyote o Salado	1125 m
8	El Coro	1075 m
9	La Lobera	2000 m
10	El Espinal	1500 m
11	Tonalapa o Sta. Isabel	1586 m
12	Tequimil	1418 m
13	Texcalco	1300 m
14	Ocotepec	2100 m
15	San Miguel o San Miguelito	2320 m
16	Amatitos	2163 m
17	Las Calaveras	920 m
18	Jalahuatzingo	1880 m
19	Guaje seco	1121 m
20	Pezuapa	2220 m
21	Apanzingo	2300 m
22	Tlacomulco	N/D
23	La Libertad	N/D
24	El Tule	1100 m
25	Tortolitas	1125 m
26	Las Tinajas	920 m

Fuente: Dirección de Desarrollo Urbano y Ecología (Programa emergente de Barrancas 2001)

Las aguas residuales que transitan a cielo abierto por el cauce del río Huacapa y por las barrancas constituyen un foco de infección y de malos olores que es necesario eliminar.

La infraestructura de alcantarillado existente consta de la red de atarjeas que tiene una cobertura de 72% de la población. Esta red de atarjeas descarga, en general, hacia dos colectores marginales que van a ambos costados del río Huacapa, uno en cada margen, recibiendo las descargas de aguas residuales.

Aguas abajo, en el extremo Sur de la Ciudad el Gobierno del Estado ha ido construyendo, en varias etapas, las obras de encauzamiento del río Huacapa y paralelamente ha ido complementando la construcción de los colectores marginales, el límite de esta infraestructura es en el cruce del río con la Autopista del Sol. Las aguas residuales que se colectan en el sistema de alcantarillado sanitario no reciben ningún tipo de tratamiento y no se han separado de las pluviales.

Debido a la cobertura de los servicios de alcantarillado en la Ciudad de Chilpancingo, es importante constatar es de las pocas ciudades, que tiene un mayor número de viviendas con drenaje que con agua entubada, lo que da a entender que la población por su propia cuenta ha buscado solucionar el problema del abasto, no así el de la disposición. Debido a la topografía de la ciudad y a la ubicación del Río Huacapa a lo largo de toda la parte baja de la misma, las barrancas han servido desde siempre como colectores principales de las laderas oriente y poniente, descargando al río; sin embargo, la reducción de los cauces en muchos puntos sobre las mismas barrancas por construcciones ubicadas en los márgenes de las mismas y el arrastre de basura en épocas de lluvia ha ocasionado múltiples problemas a la zona baja, particularmente al centro por el lado poniente y al Boulevard carretero México - Acapulco por el Oriente. Más recientemente, los problemas se han trasladado a la zona sur, ya que el encauzamiento parcial del Río Huacapa ha aliviado el problema en la parte construida.

Es determinante ampliar la longitud de los subcolectores para alcanzar una mayor eficiencia y cobertura de servicio; ampliar la red de atarjeas con la finalidad de incorporar al sistema las zonas que carezcan de este servicio. Así mismo, se requiere instalar descargas domiciliarias a fin de incrementar la cobertura de servicio y con esto evitar las descargas a cielo abierto, que producen contaminación y erosión en las partes altas por falta de pavimentos en las calles.

Considerando que el agua usada corresponde alrededor del 75% del agua que entra a la ciudad es urgente empezar con su tratamiento, ya que en la actualidad se desaloja y vierte al cauce principal sin ningún tratamiento, afectando directamente al equilibrio ecológico del río Huacapa, a los habitantes que se asientan a los costados de su cauce y a las actividades que se desarrollan sobre el encauzamiento. Más preocupante resulta, el uso que se le da al agua del río aguas abajo, empezando por la localidad de Tepecechicotlán ubicada fuera de nuestra área de estudio pero a solo 10 km de la capital donde existen zonas de sembradío regadas con estas aguas. Siguiendo el cauce del río Huacapa, en el municipio de Mochitlán ubicado a 15 km de Chilpancingo, también se utiliza para riego de siembras y extracción para consumo humano, es aquí donde se ubican los pozos que regresan al agua a Chilpancingo para ser usada y consumida por la población de la capital. Aunque la extracción del agua se realiza de manantiales cercanos al escurrimiento del río, no se tiene la seguridad que exista contaminación del agua extraída. Más al suroriente, en el municipio de Quechultenago, el agua del río se sigue utilizando para riego y extracción además de que existen una serie de lugares turísticos que ocupan esta misma agua para la recreación. Ha esta distancia el agua se ha ido limpiando por los afluentes y manantiales de agua limpia que descargan sobre el río Azul, sin embargo, se han tenido mediciones donde se han encontrado muestras contaminadas que ponen en riesgo la salud de las personas que usan y consumen esta agua.

Es por lo anterior que es urgente empezar con el tratamiento de las aguas servidas para garantizar una calidad aceptable de uso en el agua que se dispone sobre nuestro principal río.

3.2.4. Ausencia de tratamiento y re-uso del agua

El encauzamiento del río Huacapa y los colectores marginales al día de hoy llegan hasta el cruce de la autopista con la carretera federal a Acapulco. A partir de ese punto se propone construir un emisor que conducirá el agua residual captada en toda la ciudad hasta la planta de tratamiento de aguas residuales.

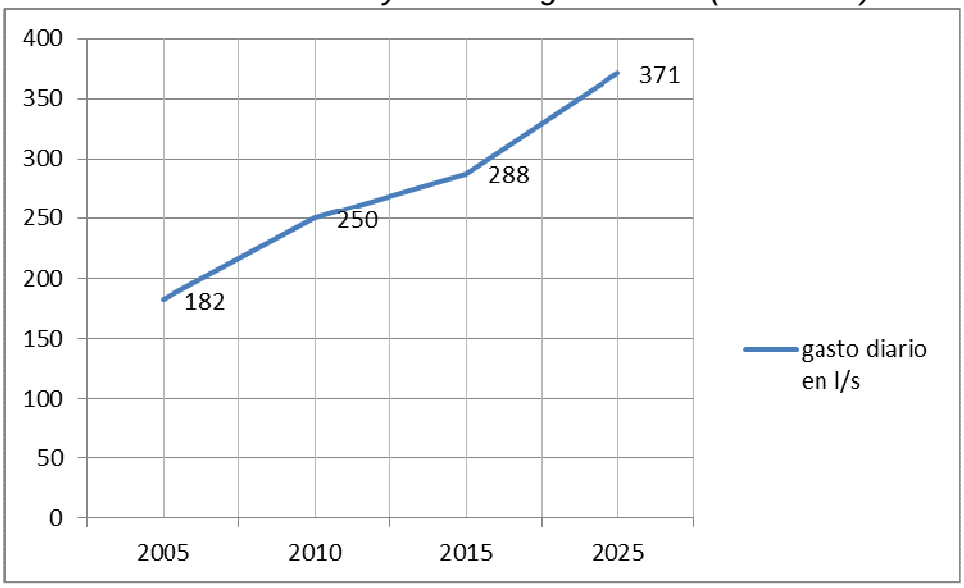
Sin embargo en la actualidad no existe infraestructura que separe las aguas residuales de las pluviales desde este punto hacia la continuación del río Huacapa en la cuenca. Los poblados que se encuentran aguas abajo de la capital, sufren las consecuencias de la contaminación del principal escurrimiento ya que el agua se utiliza principalmente para actividades agrícolas, ganaderas y de recreación.

Aunque ya existe el proyecto de la planta tratadora de aguas residuales aún no se visualiza a corto plazo su construcción y puesta en marcha. Por lo anterior es urgente que se aceleren los trabajos de esta obra o se propongan alternativas para reducir la alta contaminación que presenta el principal escurrimiento de la cuenca.

3.2.5. Aumento de la población y aumento de la demanda de agua y cantidad de residuos líquidos

Como vimos en la *tabla 14* de proyecciones de población para el año 2025 tendremos en la ciudad 278,119 habitantes aproximadamente, el incremento población desde el 2005 hasta el 2025 sería de 113, 440 habitantes adicionales que requerirían de los servicios de agua y drenaje. De acuerdo al gasto actual de 98 lts/hab. y el recomendado de 150 lts./hab., hacemos las siguientes gráficas para observar el incremento en diferentes intervalos de tiempo en cuanto al incremento poblacional y el consumo de agua.

Gráfica 5. Proyección de gasto diario (98 lts/Hab)



Fuente: Elaboración propia

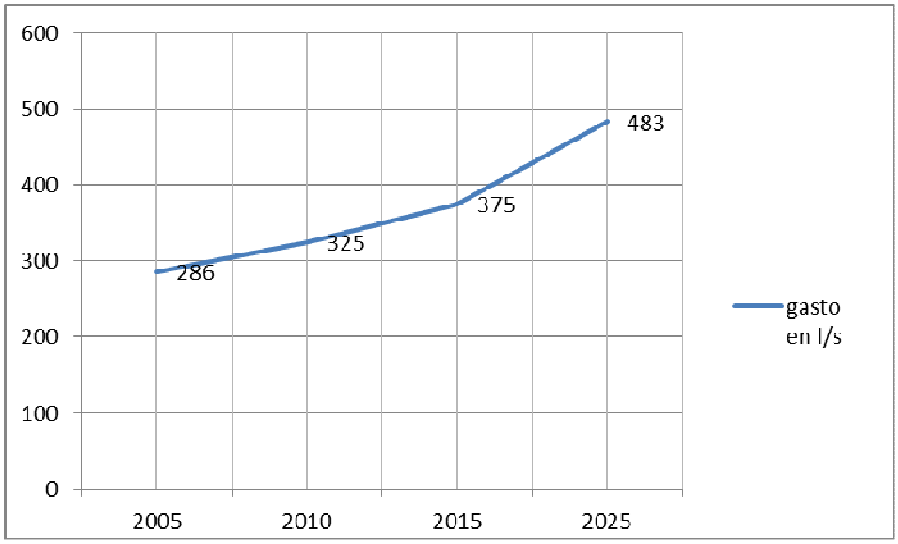
Tabla 24. Proyecciones de población y consumo de agua

Periodo	2005	2010	2015	2025
Habitantes	164.679	187.251	216.210	278.119
Consumo en millones de m3 anual	5.73	7.86	9.08	11.68
gasto diario en l/s	182	250	288	371

Fuente: Elaboración propia

Tomando en cuenta que el consumo actual promedio es de 98 litros por día por habitante, con una población de 278, 119 habitantes para el 2025, se ocuparían 9, 927, 875 m3 de agua al año. Considerando que el consumo doméstico representa el 85% del total, el restante 15% sería de 1, 751, 978 m3, sumando en total 11,679, 853 m3 con un promedio de gasto diario de 371.13 l/s en un largo plazo.

Gráfica 6. Proyección de gasto diario (150 lts/hab)



Fuente: Elaboración propia

Tabla 25. Proyecciones de población y consumo de agua

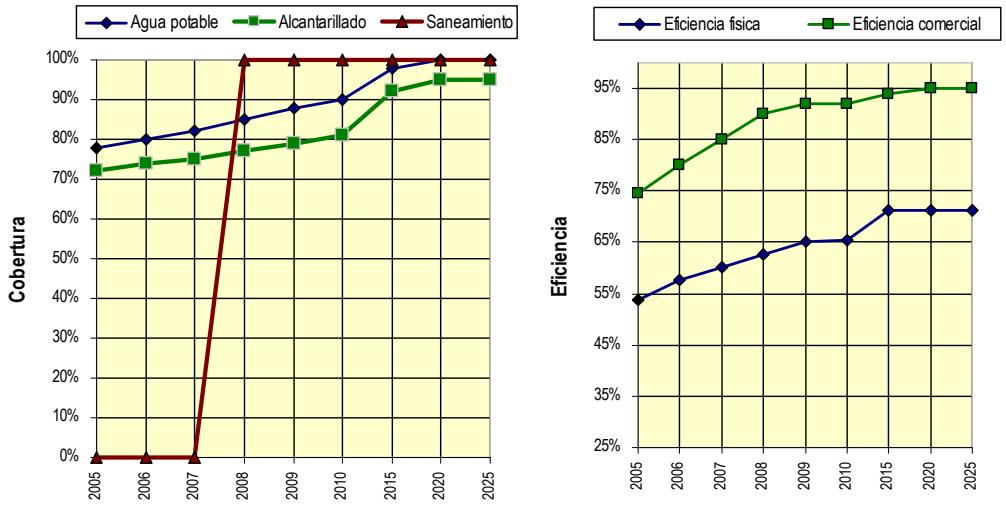
Periodo	2005	2010	2015	2025
Habitantes	164,679	187,251	216,210	278,119
Consumo en millones de m3 anual	10.58	12.03	13.89	17.87
Gasto en l/s	286	325	375	568

Fuente: Elaboración propia

Con la misma población de 278, 119 habitantes para el 2025, pero con un consumo promedio de 150 litros por día (el adecuado según las normas y el tipo de clima), tendríamos un consumo anual de 15, 195, 727 m3 de consumo doméstico. Tomando en cuenta que el consumo doméstico representa 85% del consumo total, el 15% restante sería de 2, 681, 599 m3, sumando un gran total anual de 17, 877, 326 m3 con un gasto diario de 568.05 l/s.

Tomando en cuenta cualquier gasto diario, se calcula que el 75% del total del agua usada se vierte a los sistemas de desagüe. En la actualidad el agua tratada es nula por lo que uno de los objetivos de la CAPACH, es empezar a abatir ese rezago además de hacer más eficiente el funcionamiento de la paramunicipal, tal como se muestra en las siguientes gráficas.

Grafica 7. Metas de cobertura y eficiencia de la CAPACH



Fuente: CAPACH

3.2.6. Previsiones de la CAPACH para el manejo de agua potable y su tratamiento tratando de resolver los problemas de un sistema de agua convencional e insustentable

La paramunicipal CAPACH, tiene presente los problemas que enfrenta la población en cuanto a la disposición y calidad del recurso hídrico, por lo que por medio de estudios hídricos realizados en las principales fuentes de suministro de agua de la capital se proponen algunas alternativas para abatir el rezago actual y futuro del suministro de agua y tratamiento de las aguas residuales

3.2.6.1. Agua potable

Subsistema Omiltemi

Hay excedentes en las captaciones actuales (La Perra y Agua Fría) que podrían agregarse a la oferta si la capacidad de conducción fuera mayor, además podría incorporarse durante todo el año el agua del manantial El Potrerillo modificando la línea que conduce el agua desde este manantial hacia el acueducto.

Durante el transcurso de los años los técnicos de la CAPACH, la CAPASEG y CONAGUA han identificado otras posibles fuentes que podrían incorporarse a un acueducto paralelo al existente para incrementar el suministro de Chilpancingo. Tal es el caso de los manantiales denominados: La gruta del borrego, La cueva de Amojileca, La Cimaroa, La Chiripa y El Retaje.

El aprovechamiento de la gruta del borrego, se considera complejo pues se trata de agua subterránea que aflora en el interior de una cueva, abundante en época de lluvias y casi nula en época de estiaje. Para su explotación habría que hacer una obra de toma al interior de la gruta con un acceso muy complicado (para el ingreso es necesario hacer uso

de técnicas de descenso tipo “rappel”) y después instalar equipo de bombeo para incorporar esa agua a una nueva línea de conducción. En todo caso, no se tienen elementos para establecer aproximadamente el potencial de esta fuente y solamente proporcionaría agua los meses de julio a noviembre.

En el caso de Amojileca, que es un manantial que brota superficialmente en la entrada de una cueva, se requiere de bombeo y de una conducción paralela a la actual para llevar el agua hasta el tanque Amelitos. La altura de bombeo es de 200 m aproximadamente y la longitud de conducción es de 4 kilómetros. También tiene el inconveniente de que solamente aportaría agua a Chilpancingo durante la época de lluvias (50 l/s o más), de julio a noviembre. Tiene por ventaja no requerir una obra de toma complicada para captar el agua del manantial y que la calidad del agua es buena.

Existe la posibilidad de que la cueva de Amojileca pudiera proporcionar todavía un cierto caudal durante época de estiaje, aunque ello requeriría operar pozos durante esa época. En todo caso para definirlo será necesario realizar estudios geohidrológicos detallados y realizar algún pozo exploratorio en diámetro reducido para observar la evolución del nivel piezométrico y para hacer pruebas de bombeo en escala pequeña.

El sitio denominado “La Cimaroa” es una especie de “ciénega”, un terreno permanentemente encharcado, donde aflora agua. Para su aprovechamiento habría que hacer una evaluación de su producción potencial mediante la excavación de una trinchera recolectora para medir caudales y monitorearla regularmente. Después de esto habría que incorporarla al nuevo acueducto por gravedad. Solamente sobre la base de una inspección visual se estima que esta zona puede producir entre 10 y 15 l/s en época de estiaje (al menos hasta el mes de febrero).

La Chiripa es un manantial que puede aportar un gasto marginal para incorporar al acueducto (2-4 l/s) para asegurar su disponibilidad habría que monitorear su comportamiento.

El Retaje es un manantial que en época de estiaje produce en promedio unos 30 l/s y en época de lluvias unos 50 l/s o más. Para su aprovechamiento es necesario bombear el agua una distancia de 4 kilómetros contra una carga de 300 m, para después incorporar el agua al nuevo acueducto paralelo, desde ahí el agua se conduce por gravedad hasta Chilpancingo.

Desafortunadamente, a lo largo de los años nadie se ha encargado de monitorear el comportamiento de las fuentes y sobre todo de los excedentes de las fuentes que no se pueden aprovechar por falta de capacidad en la conducción, por ello la CONAGUA ha propuesto la instalación de un sistema de monitoreo fijo a base de vertedores calibrados de tal manera que personal de CAPACH realice un seguimiento de la evolución de las fuentes durante las distintas épocas del año realizando mediciones semanales, esto no implica un gran costo y proporcionaría información valiosa para tomar decisiones en el futuro.

Subsistema Acahuizotla

Para hacer uso plena de la infraestructura de Acahuizotla solamente es necesario hacer algunas obras civiles en la captación y rehabilitar el equipamiento electromecánico. La capacidad total de esta fuente sería de 180 l/s.

En el manantial denominado “La Imagen” cuya agua se incorpora al acueducto de Acahuizotla en el segundo rebombeo, existen excedentes en época de lluvias que pueden aprovecharse, para lo que se requiere la construcción de una conducción de 3 kilómetros y estaciones de bombeo para vencer una carga de 350 m aproximadamente. El gasto adicional fluctuará entre 20 y 100 l/s según sea época de estiaje o de lluvias, respectivamente.

Subsistema Mochitlán

De acuerdo con la información proporcionada por CONAGUA para incrementar el aprovechamiento de la infraestructura de Mochitlán habría que perforar pozos nuevos siguiendo sus recomendaciones en cuanto a su ubicación y capacidad. De esta forma podrían agregarse a la oferta de Mochitlán otros 100 l/s para un total de 200 l/s.

También habría que construir una planta de ablandamiento. En principio la capacidad de esta planta sería para un caudal de 200 l/s que podría planearse en dos etapas de 100 l/s cada una.

Tabla 26. Resumen del potencial hidráulico

Fuente	Disponibilidad media en estiaje (l/s)	Disponibilidad media en época de lluvias (l/s)
Omiltemi con acueducto nuevo y El Retaje	143	200
Acahuizotla actual	90	100
Acahuizotla, incrementando capacidad en La Imagen (adicional)	30	100
Mochitlán actual	90	100
Mochitlán, incrementando capacidad con pozos nuevos y ablandamiento	100	100
Fuentas pequeñas	20	35
TOTAL	473	635

Fuente: CAPACH.

Los escenarios anteriores contemplan una mejoría en el consumo aparente de la población, pasando de 98 l/h/d a 150 l/h/d.

3.2.6.2. Sistema de tratamiento

La paramunicipal CAPACH, contempla una alternativa de tratamiento de agua de acuerdo a la siguiente tabla las cantidades de agua a tratar serían las siguientes según los plazos y el consumo diario considerando un gasto medio.

Tabla 27. Gastos diarios de agua a tratar según consumo

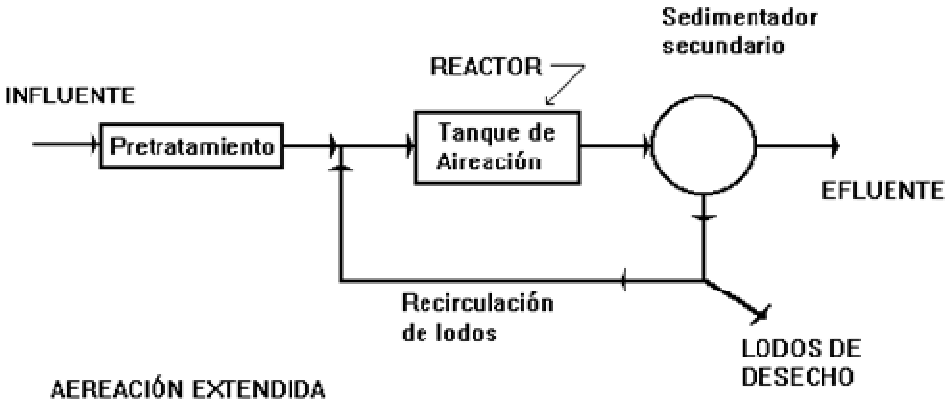
Periodo	2005	2010	2015	2025
Habitantes	164,679	187,251	216,210	278,119
Con un consumo de 98 lts/hab/dia				
gasto diario en l/s	136.5	187.5	216	278
Con un consumo de 150 lts/hab/dia				
Gasto en l/s	214.5	244	281	426

Fuente: Elaboración propia

La planta para tratamiento biológico para aguas municipales procedentes de la Ciudad de Chilpancingo que proyecta construir la paramunicipal, se basa en un proceso de lodos activados con la modalidad de aereación extendida y consiste en poner el agua residual en contacto con una población microbiana, en forma de una suspensión floculenta en un sistema aereado y agitado.

La planta de tratamiento se construirá en dos trenes de tratamiento cada uno con un flujo de 125 l/s, (250 l/s en total) adicional a las unidades de tratamiento del agua la planta contará con servicios auxiliares tales como estacionamiento, vialidades, edificios, planta de emergencia, subestación, instalación de PLC, instrumentos para medición de condiciones de operación, red de agua potable y de servicios, drenaje sanitario y pluvial y sistema de alumbrado.El costo total para una planta de aeración extendida de dos módulos de 125 l/s cada uno sería de 160 millones de pesos en números redondos (CAPACH 2005).

Figura 27. Esquema de funcionamiento de planta de tratamiento



Fuente: CAPACH-SEINPRO 2005

Ubicación de la planta de tratamiento

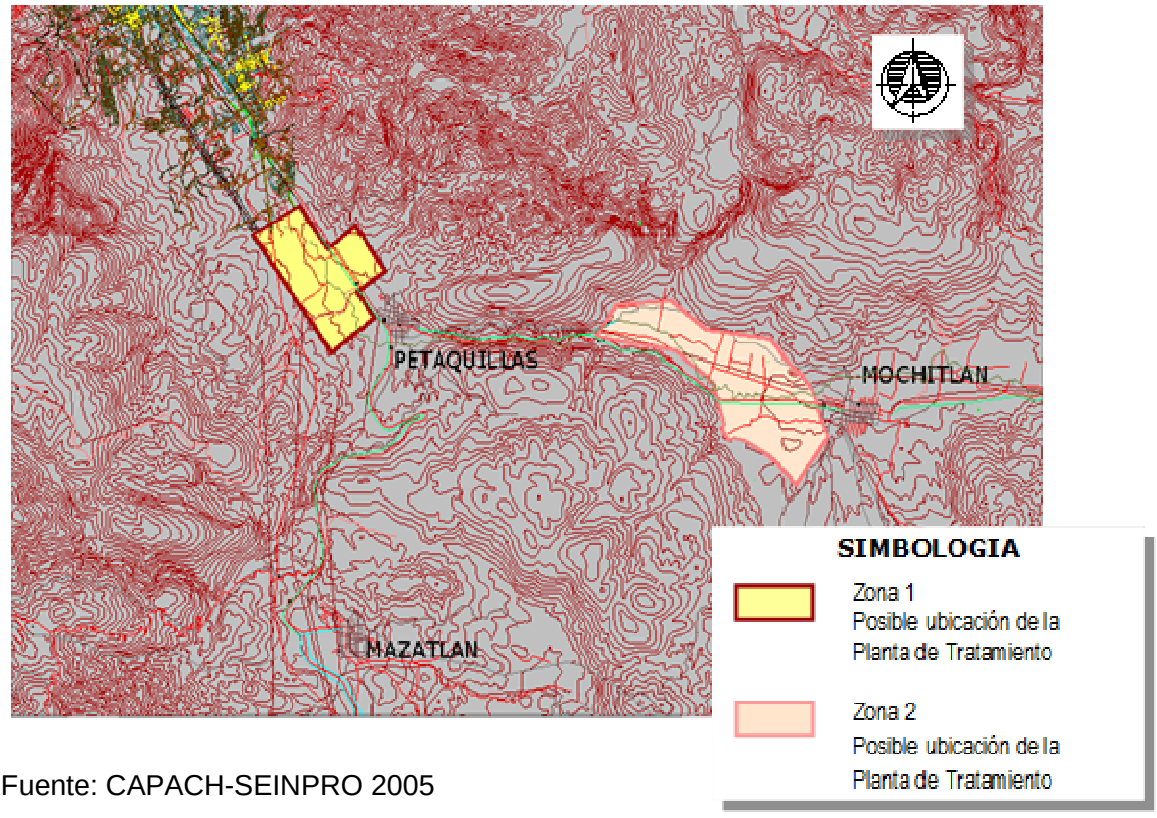
La forma del drenaje natural de la ciudad de Chilpancingo por medio del río Huacapa induce la localización de la planta de tratamiento para localizarla hacia el sur o sureste de la ciudad en alguna de las márgenes del río donde existan predios disponibles.

En una primera aproximación se identificaron dos zonas posibles para localizar la planta de tratamiento, estas zonas y las coordinadas de los polígonos que las contienen son las siguientes:

Zona 1: Es un sector más o menos plano al sur de la ciudad cercano a Petaquillas, se encuentra dentro de la **Zona de Amortiguamiento**, Uso del Suelo fijado por el Programa de Desarrollo Urbano para el Centro de Población de Chilpancingo, la Aptitud del suelo indicada en el PDU, es **Z_2**: Ligera a baja intensidad agrícola, reforestación, Uso Agrícola y Recreación.

Zona 2: Es un sector más o menos plano también al sur de la ciudad cercano a Mochitlán, se encuentra fuera del área regulada por el Programa de Desarrollo Urbano para el Centro de Población de Chilpancingo, la Aptitud del suelo es de tipo agrícola.

Figura 28. Alternativas de ubicación de planta de tratamiento



Fuente: CAPACH-SEINPRO 2005

3.3. Balance entre la demanda actual y futura y la capacidad hídrica de la micro-región para satisfacerla

De acuerdo a los datos sociodemográficos la población en el periodo 2005 a 2025, tendrá un incremento de 113, 440 habitantes que representa un 69% de la de 2005. Lo anterior representa un incremento de la demanda del recurso hídrico disponible para uso y consumo similar al crecimiento poblacional.

Con la dotación actual de 98 lts/hab, necesitamos para un largo plazo (2025) 11.68 millones de m3 anuales, y con un promedio de agua aprovechable de la microrregión de 17.78 millones de m3 estimado, se tendría un superávit de 6.1 millones de m3 anuales, considerando que se pudiera aprovechar el total del agua disponible en la microrregión.

Con la misma cantidad de población a largo plazo de 278 119 habitantes, pero con un consumo pe cápita de 150 lts/hab diarios, se requerirían un promedio de 17.87m3 de agua anuales disponibles y con un promedio de agua aprovechable de la microrregión de 17.78 millones de m3, tendríamos un déficit de 0.1 millones de m3 anuales, cantidad mínima que se podría solventar haciendo más eficiente cualquier subsistema de captación de agua de los ya existentes o alternativo.

Considerando las posibilidades que presenta la CAPACH para incrementar los gastos de las fuentes actuales y tomando en cuenta solo los subsistemas de Omiltemi y Mochitlán, suman 435 lts/s diarios con un total anual de 13.69 millones de m3, cantidad suficiente para cubrir el gasto de 11.68 m3 al 2025 con un consumo de 98 lts/hab diarios. No tomamos en cuenta el subsistema Acahuizotla porque es el que presenta mayor costo de operación y principalmente porque es un agua que no es de la microrregión generando un trasvase considerable.

De las proyecciones de la paramunicipal concluimos que solo 200 l/s del subsistema Omiltemi, corresponden al aprovechamiento al interior de la cuenca por lo que, de los 565.1 l/s estimados aprovechables en la microrregión, nos restan 365.1 l/s adicionales que son suficientes para cubrir las necesidades de agua de la población y sus actividades aun cuando el consumo fuera de 150 lts/hab diario.

Si bien el agua aprovechable en la microrregión se concentra en solo cuatro meses (junio-septiembre) que suman el 80% del agua disponible, es necesario construir la infraestructura necesaria ya sea para la retención o la sustracción del agua subterránea infiltrada. Lo anterior requiere una política pública encaminada a impedir que se sigan ocupando las áreas más aptas de infiltración y mejorar y conservar las áreas de vegetación al interior de la microrregión para optimizar el ciclo del agua y su aprovechamiento.

Observando que la disponibilidad del agua es variable durante todo el año, una mejor alternativa sería combinar sistemas de aprovechamiento de agua en la microrregión, con el mejoramiento de los subsistemas actuales, y sobre todo rehabilitar la infraestructura existente y hacer más eficiente la administración de la paramunicipal.

Considerando que el suministro de agua no solo es responsabilidad de la dependencia municipal, es necesario que los usuarios adoptemos una actitud más consciente en cuanto al uso del recurso y utilizarlo de manera más eficiente y en menor cantidad. El aprovechamiento del agua al interior de la microrregión toma en cuenta también los dispositivos que se puedan instalar al interior de la vivienda para la captación de agua y su almacenamiento, estos esfuerzos individuales sumados restarían presión a la demanda de agua que oferta el municipio y sobre todo a las fuentes de donde se extrae para hacerla llegar hasta la ciudad con el consecuente costo ecológico y económico que esto representa.

En cuanto al tratamiento de las aguas residuales, es urgente empezar con este proceso y conseguir cumplir con los parámetros establecidos por las normas mexicanas aplicables para la calidad del agua.

Como vimos en los capítulos anteriores la ciudad se encuentra en la cabecera de la cuenca por lo que el agua usada y depositada en el principal afluente se sigue utilizando por los pobladores de la diferentes localidades ubicadas en los márgenes aguas abajo, esto aumenta el compromiso de entregar un agua en las mejores condiciones de calidad, al menos como nos la fue entregada.

Según las proyecciones de crecimiento y el proyecto de la paramunicipal de la planta de tratamiento con capacidad de 250 lts/s/d, esta no alcanzaría a cubrir en un largo plazo (2025), el gasto diario que sería de 278 l/s para el consumo menor (98 lts/s/d). Aún con la construcción de esta planta se deben tener alternativas adicionales de tratamiento para conseguir un 100% de aguas tratadas.

Como alternativa, sería más complicada la instalación de sistemas domiciliarios, ya que la mayoría de los lotes poseen dimensiones que apenas alcanzan para construir la vivienda y el poder adquisitivo de la mayoría de las familias limita estas posibilidades.

A nivel comercios, ya existen algunas tiendas departamentales que manejan pequeñas plantas de tratamiento. Sería conveniente tener como exigencia esta disposición, además de las unidades habitacionales nuevas que pueden incluir en su proyecto el espacio y costo de unidades de tratamiento de agua.

El tratamiento de las aguas servidas es parte fundamental en una proyecto de ciudad sustentable, además de que es necesario para construir la recursividad del sistema y empezar a llamarlo ecosistema urbano.

3.4. Conclusiones del capítulo 3

Uno de los objetivos de este trabajo es demostrar la autosuficiencia del ecosistema urbano para reducir la entropía que causa la importación de agua desde fuentes externas en los ecosistemas de origen. Como vimos en el primer capítulo, la principal diferencia entre los sistemas urbanos y los ecosistemas naturales es que en los primeros los insumos que ingresan como energía, insumos y agua se utilizan de forma lineal, generando grandes cantidades de desechos y contaminantes a diferencia de los segundos en el que el uso de materia y energía es recursiva y se utiliza de manera eficiente. Lograr la recursividad del sistema urbano, asemejarnos más al comportamiento natural de los ecosistemas naturales y conducir el ciclo urbano del agua hacia un proceso sustentable, es posible.

La micro-región en estudio demuestra que su balance hídrico nos da la alternativa de explotar el recurso que se produce en su interior con la infraestructura adecuada y las políticas públicas que incentiven el proceso.

Alejarnos de las alternativas tradicionales que solo nos conducen al mal uso del recurso y a causar desequilibrios ecológicos en la ciudad y su entorno, nos permite ver que la solución es replantearnos la visión tradicional del aprovechamiento del agua y no solo solucionar los problemas de abasto con importar mayor cantidad de agua y arreglar fugas. Es importante construir infraestructura hídrica suficiente y en el lugar y formas adecuados que maximicen la producción del agua dentro de nuestro ecosistema urbano.

Es hacer hincapié en que no solo es abastecer en calidad y cantidad de agua a la población urbana, es también, incentivar un consumo racional y que el agua usada se disponga con una calidad igual a las que se marcan en las en Normas Oficiales Mexicanas, para garantizar el equilibrio ecológico del río y los ecosistemas tanto naturales como antrópicos que dependen directamente del principal escurrimiento.

Conclusiones

Conclusiones y recomendaciones

Uno de los objetivos implícitos en cualquier trabajo de investigación, es verificar si las preguntas conductoras y las hipótesis planteadas al inicio se han cumplido o nos han permitido guiar el desarrollo de la investigación y la estructura del trabajo. Para este caso retomamos las hipótesis y analizamos sus alcances.

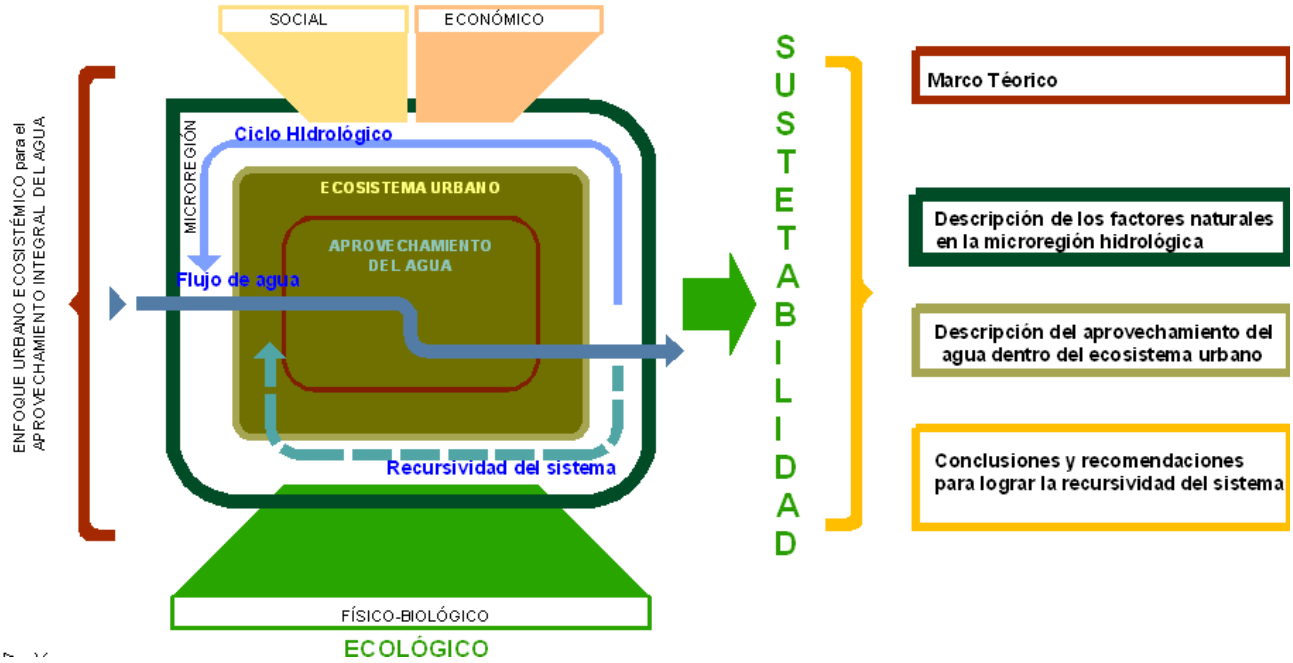
La primera hipótesis nos dice que el análisis de las condiciones físico-geográficas, el régimen pluvial y el balance hídrico nos arrojan una cantidad de agua aprovechable suficiente para la demanda actual y futura. Lo anterior se comprueba al analizar primeramente al hacer una delimitación de nuestro ecosistema urbano haciéndolo coincidir con la unión de tres microcuencas dentro de un marco de gestión natural y administrativa. Lo anterior nos conduce a verificar que haciendo la revisión del balance hídrico sí se tiene la autosuficiencia hídrica con el procedimiento apropiado de aprovechamiento del recurso. Lo importante de lo anterior no es el recurso en sí mismo o su cantidad, sino el procedimiento y los factores que se toman en cuenta para determinar la autosuficiencia.

Optar por otra visión que la convencional en donde solo el recurso monetario resuelve los problemas técnicos, nos demuestra que muchas de las soluciones se tienen más cerca de lo que suponemos.

La hipótesis dos nos dice que desde una perspectiva del metabolismo urbano, nos permite tener una visión integral del proceso de aprovechamiento del agua y podremos guiar el proceso hacia la sustentabilidad urbana. En esta parte del trabajo, después de analizar los datos socioeconómicos y demográficos así como las condiciones de operación del sistema de captación y distribución del agua de la paramunicipal, es suficiente hasta el 2025 satisfacer la demanda de agua de la población de la ciudad, siempre y cuando se incentive el aprovechamiento del agua que genera la propia región natural, se haga más eficiente el trabajo técnico y administrativo de la paramunicipal y se mejore y construya la infraestructura adecuada para el mejor aprovechamiento del recurso.

No se trata solamente de mejorar la calidad de vida de los habitantes de una ciudad, sino que el aprovechamiento del recurso agua se realice dentro del marco de la sustentabilidad. Para lo anterior encontramos la categoría de sustentabilidad, aunque desde su sentido urbano, funciona no como sustantivo, sino como adjetivo del término urbano. El uso de diferentes acepciones no es solamente para ajustar el campo semántico del trabajo a conceptos en boga, sino usarlos con base en un marco teórico comprendido y que nos guíen en la construcción metodológica para la consecución de nuestros objetivos.

Las preguntas conductoras fueron la guía para ir construyendo nuestro esquema de trabajo y el proceso metodológico que seguimos tanto conceptual. El siguiente esquema nos muestra cómo se construyó el modelo del trabajo de tesis y su correspondencia con cada capítulo del trabajo anterior



El primer capítulo nos demuestra que es posible delimitar un espacio de gestión tanto natural como administrativo que nos permite inducir el uso y consumo del agua hacia un aprovechamiento sustentable. En el capítulo segundo, el análisis de los factores naturales nos demuestra un balance hídrico favorable para la autosuficiencia dentro del ecosistema urbano. En el capítulo tercero nos damos cuenta que aun con el crecimiento poblacional de la ciudad hasta un largo plazo, la micro-región es autosuficiente siempre y cuando el proceso de aprovechamiento del agua se inserte en una visión sustentable y nos alejemos de las alternativas tradicionales que nos dirigen a una mayor entropía del sistema con decisiones que favorecen solamente la ganancia económica de los gobernantes.

Después de analizar el proceso de aprovechamiento del agua en la ciudad de Chilpancingo detectamos que de acuerdo al balance hídrico de la microcuenca y la cantidad de agua que se utiliza para uso y consumo de la población urbana, se determina que hasta para un largo plazo en el año 2025 con un consumo promedio similar al actual que es de 98 lts/dia/hab, la microrregión es autosuficiente para producir su propia agua y aprovecharla de manera eficiente.

Para lograr la autosuficiencia hídrica e iniciar con el tratamiento y de las aguas y así cerrar el ciclo de recursividad, es necesario realizar alguna de las siguientes recomendaciones generales:

- Realizar una serie de proyectos de infraestructura como sistemas de captación y almacenamiento;

- Regular el uso de suelo inter e intraurbano para recuperar y proteger las áreas de infiltración;
- Evitar el trasvase de agua que se hace desde el subsistema Acahuizotla hacia la ciudad de Chilpancingo.
- Establecer programas de conservación de la vegetación y reforestación;
- Impulsar usos de suelo en un área de amortiguamiento que controlen el crecimiento de la mancha urbana hacia zonas no aptas;
- Ampliar y mejorar la infraestructura hidráulica y sanitaria existente para evitar pérdida por fugas y contaminación.
- Construir una planta de ablandamiento de agua para el subsistema Mochitlán.
- Impulsar entre la población programas de concientización para el ahorro y mejor uso del agua.
- Otorgar beneficios de pago de servicios a los hogares que implementen tecnologías de ahorro, captación, almacenaje y reutlización del agua.
- Exigir a los nuevos fraccionamientos, comercios, tiendas departamentales y oficinas de administración y gobierno, que implementen sistemas de tratamiento de aguas residuales para disminuir la cantidad de aguas servidas que se depositan en el cauce principal.
- Cuidar el vertido de desechos y materiales peligrosos de hospitales, talleres de reparación y artesanales, gasolineras, entre otros.
- Recuperar las áreas verdes intraurbanas que aumenten el potencial de infiltración de la zona.
- Impulsar la mejora de la paramunicipal CAPACH en su infraestructura, recursos humanos, área administrativa, eficiencia en su servicio y dotarla de un mejor techo financiero.
- Volver a implementar los medidores de consumo de agua para un mejor cobro y servicio.
- Construcción de la planta de tratamiento de aguas residuales.
- Inclusión de lineamientos en el aprovechamiento sustentable del agua en los diferentes planes y programas de desarrollo urbano y municipal.

Estas y otras muchas acciones más nos permitirán acercarnos a una mejor gestión del recurso en un marco microrregional y urbano.

Para finalizar es importante destacar que explicar a la ciudad como un ecosistema urbano nos resalta la relación que se establece con su medio natural. Esta relación no se debe ver como una acción depredadora por parte de la ciudad, sino como una simbiosis que permita un mejor equilibrio con nuestro medio natural. En este tenor, la sustentabilidad urbana a la que aspiramos no es un estadio al que hay que llegar, sino una forma de vida que hay que asumir desde lo individual hasta lo colectivo.

La ciudad es un quehacer social, dinámico y cotidiano que consume recursos para sobrevivir y construirse, es un sistema que se hace más complejo y que evoluciona, este crecimiento tiene que ir acompañado de un mejor

aprovechamiento de su consumo y reducir el grado de entropía que causa al ambiente.

No es tarea de este trabajo encontrar una solución definitiva al problema del deficiente aprovechamiento del recurso agua que existe en la actualidad en nuestra ciudad, sino empezar a asomarnos a esas otras alternativas de solución menos costosas y más eficientes. Es empezar a comprender que explicando la ciudad desde otra perspectiva nos da la posibilidad de tener mayor información para tomar decisiones y recordar que la información en un sistema no se pierde si no que se potencia. Es la información convertida en acciones la que nos permitirá resarcir y conducir nuestra ciudad hacia procesos más amigables con la naturaleza y con nosotros mismos.

Bibliografía

BETTINI, Virginio (1996). Elementos de Ecología Urbana. 1ª Edición 1998. España, Editorial trotta

BERKOWITZ, R. Alan, Charles H. Nilon, Karen S. Hollweg. Understanding Urban Ecosystems- A New Frontier for Science and Education. Ed. Springer. USA 2003.

Bertalanffy, Von Ludwing (1968) Teoría General de Sistemas. Ed. Fondo de Cultura Económica. México, DF 1976.

Curtis Helena, N. Sue Barnes. Biología. 6ª Edición. Ed. Médica Panamericana. Madrid, España 2001.

Enkerlin, Ernesto. Ciencia Ambiental y Desarrollo sostenible. Ed. Int. Thomson. México, D.F. 2000.

Estudio y proyecto ejecutivo para agua potable, alcantarillado sanitario, saneamiento y diagnóstico del Organismo Operador, Chilpancingo, Guerrero. **SEINPRO**, 2006.

Gutiérrez, Raúl. Historia de las doctrinas filosóficas. 25ª Edición. Ed. Esfinge México 1994

INEGI. Cartas temáticas digitales 2000

INEGI. Cuaderno Estadístico Municipal Edición 2005. Chilpancingo de los Bravo, Guerrero, México.

Información del Organismo Operador: Comisión de Agua Potable y Alcantarillado de Chilpancingo (CAPACH)

Leff, Enrique (Coordinador). La complejidad ambiental. 2ª edición. Ed. Siglo XXI. México 2003.

López, R. Félix. Chilpancingo: Cosas del Ayer. Editorial Stanley. Chilpancingo, Méx. 2000

McKinney L., Michael, Robert M. Schoch. Environmental Science- systems and solutions. Edt. Web Enhanced Edition. E.U.A. 1998.

Margalef, Ramón. Teoría de los sistemas ecológicos. 2ª edición. Ed. Alfaomega. México 2002.

Morin. Edgar. (1990) Introducción al pensamiento complejo. Ed. Gedisa. España 2005.

Odum , Eugene. (1978) Ecología. Compañía Editorial Continental. 26ª Reimpresión, México 2005

Oseas, Martínez Teodoro, Elia Mercado M. Manual de Investigación Urbana. Ed. Trillas, México 1992

Plan Director de Desarrollo Urbano de la Ciudad de Chilpancingo, actualización 2004

Plan Director para el Desarrollo Sustentable de la Cuenca del Río Huacapa-Río Azul del Circuito Ecoturístico, Guerrero. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, 1998.

Plan General de Transformación Zona Regable Andévalo Occidental Fronterizo http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/web/Bloques_Tematicos/Calidad_Ambiental/Prevencion_Ambiental/evaluacion_ambiental_planes_y_programas/anejo02edafologiaygeologia.pdf

Programa Estatal de Ordenamiento Territorial 2005-2011.

Rogers, Richard. Ciudades para un pequeño planeta. 1ª Edición. Ed. Gustavo Gili. Barcelona, España, 2000.

Terradas, Jaume. **Ecología Urbana.** 1ª Edición. Ed. Rubes. España 2001.

White R. Rodney. (2002) Building the ecological city. Ed. Woodhead Publishing. England

Mariano S., Raúl Terrile R. Gestión de residuos sólidos en la Agricultura Urbana. http://www.cepis.ops-oms.org/es.

Herbert Girardet. www.global-vision.org/city/metabolism.html

Rueda Salvador. La Construcción de la Ciudad Sostenible
http://habitat.aq.upm.es/cs/p2/a009.html

Terradas, Juame. **Ecología Urbana.** 1ª Edición. Ed. Rubes. España 2001.

Tesis Doctoral: Cortese, Coyos Nestor Luis. Tesis Doctoral Gestión del Agua en la Subcuenca Río Huacapa-Río Azul. Facultad de Geografía. UNAM 2006.

http://rehue.csociales.uchile.cl

www.inegi.gob.mx