

## **EVALUACIÓN DEL MANEJO DE SUELO Y AGUA, EN EL CONTEXTO DE LA MICROCUENCA DEL ARROYO “EL ARENAL” EN CAPULTITLÁN, MUNICIPIO DE TOLUCA**

*Lic. en C. A. Nancy Najera Mota  
M. en C. Patricia Mireles Lezama  
Universidad Autónoma del Estado de México  
Facultad de Planeación Urbana y Regional*

### **Introducción**

Debido al aumento poblacional que se ha dado en los últimos 30 años en la localidad de Capultitlán, (109%, INEGI 1970 y 2000); el suelo y el agua, han sido utilizados de un modo inadecuado, alterando los ciclos naturales, propiedades, características y composición de los mismos, generando el cambio de uso de suelo de agrícola a urbano, la extracción de material pétreo y la contaminación de agua por la descarga de aguas residuales.

Por esta razón, es necesario hacer una evaluación del manejo del suelo y agua, para evidenciar las posibles tendencias, tomando en cuenta las características, vocación y uso de los recursos, considerando al comportamiento de la microcuenca; ya que es la base de las actividades antrópicas producto de los recursos disponibles dentro de ésta.

Así mismo, es necesario identificar las alteraciones de la microcuenca y cuales son las variaciones en la localidad de Capultitlán debido al manejo de los recursos aguas arriba.

Para llevar a cabo lo anterior se elaboró el objetivo general:

Evaluar el manejo del suelo y agua en Capultitlán en el contexto de la microcuenca del arroyo “El Arenal”, para evidenciar las posibles modificaciones.

Para el cumplimiento del objetivo general se determinaron los objetivos particulares que se mencionan a continuación:

- Recopilar información teórica con relación al manejo integral de cuencas.
- Realizar un diagnóstico integral de la problemática y condiciones ambientales que se encuentran en la zona.
- Caracterizar al suelo y agua a partir de parámetros de calidad.
- Evaluar al suelo y agua de acuerdo al diagnóstico del sitio.

Pregunta de investigación

¿El manejo del suelo y agua ha modificado las características primordiales de dichos recursos?

La metodología aplicada se dio en tres etapas: en la primera etapa se realizó el aprestamiento, haciendo una recopilación teórica de la teoría general de sistemas, el manejo integral de cuencas, paisaje, y calidad de vida; en la segunda etapa se llevó a cabo el diagnóstico, revisando y evaluando aspectos geográficos, ambientales, sociodemográficos, problemática y recursos hídricos; finalmente en la tercera etapa se procedió a la correlación de la información obtenida en las dos etapas anteriores, para determinar las posibles tendencias del manejo del suelo y agua.

## Planteamiento del Problema

Con respecto al sistema Lerma-Chapala-Santiago, se encontró que *"...la cuenca ha sufrido una disminución aproximada del 61% de su escurrimiento y del 99.7% en la reserva de agua, en cambio, el volumen de agua aprovechado aumentó en 142%. Estas variaciones muestran la gran explotación que se ha hecho de la reserva de agua de la cuenca del Lerma para abastecer a los centros de población asentados en ella"*. La Ciudad de México que pertenece a la cuenca del Pánuco, debido a la población asentada en esta cuenca no es suficiente el agua que se encuentra dentro, por lo que se transporta de otras, como de la cuenca del Balsas y del Lerma (Greenpeace, 2006).

En la localidad de Capultitlán, muestra que el manejo y uso que se le ha dado a los recursos, ha ocasionado el cambio de uso de suelo agrícola a urbano y minero, además de que el agotamiento de material pétreo dio lugar al posterior abandono de las minas; por lo que es necesario hacer una evaluación de los recursos, para evitar la pérdida y degradación, principalmente de suelo y agua ya que a partir de estos se generan actividades productivas en Capultitlán, agricultura de temporal (maíz, frijol, haba y cebada) y zona urbana; estos cambios se deben a la belleza paisajística, por la cercanía al Nevado de Toluca y a la cercanía con la ciudad de Toluca; lo que ha provocado el crecimiento de la población.

De acuerdo a información proporcionada por los Delegados en funciones 2006-2009 (Domingo Torres González, Luís T. Gutiérrez Salguero y Benito Jiménez Flores) y habitantes de la propia localidad, se observa que en cuanto a la agricultura, se está presentando falta de interés de los habitantes por el sector primario, ya que para sembrar y mantener el cultivo se necesita dinero, tiempo y esfuerzo; a pesar de que los terrenos se encuentran en su mayoría en zonas de poca pendiente, lo cual favorece a que se tenga una buena productividad de los terrenos. Sin embargo, los terrenos son vendidos, de esta forma se obtienen ingresos superiores sin ningún esfuerzo ni inversión, ya que al venderlos obtienen ganancias entre \$200.00 y \$1200.00 por m<sup>2</sup> e inclusive llegan a los \$4,000.00 por m<sup>2</sup>, por lo tanto se dejan de cultivar.

Los terrenos que se venden son para uso habitacional, ocasionando la demanda de espacio; tal es el caso de la construcción del fraccionamiento Paseos del Valle I, II y III al oriente de la localidad, al poniente la Telesecundaria No. 499 "José María Pino Suárez" en el 2000, y del Colegio de Bachilleres del Estado de México No. 07 Toluca Sur en 1997; lo cual provocó la venta de los terrenos que se encuentran alrededor, sin tomar en cuenta que la falta de drenaje, agua potable y pavimentación. Dando como resultado que en las calles y en terrenos aledaños, al arroyo "El Arenal", se deposite basura, y sea utilizado como transporte de aguas residuales a través de drenajes y canales irregulares construidos por los propios habitantes de las localidades de Capultitlán y Santiago Tlacotepec.

Otro problema que afecta el estado de la microcuenca en Capultitlán, son las dos minas de arena y grava abandonadas desde hace 15 años. Una de ellas está siendo rellenada con escombros, y en la otra mina las viviendas se encuentran a tan sólo 5 metros de distancia, por lo que se considera una zona de riesgo, ya que sus pendientes son de 90° y de acuerdo a la NOM-120-SEMARNAT-1997, al ser abandonadas sus pendientes deberán reducirse, además de considerar que en el fondo existe agua estancada, representando un potencial foco de infección.

Teniendo en cuenta que la microcuenca es un sistema en el cual, cualquier modificación en alguno de los elementos de éste, tiene repercusiones en otro alterando la dinámica natural;

como es el caso del arroyo “El Arenal” ya que las actividades que se están realizando en la cabecera de la microcuenca ocasionan inundaciones en la parte baja, como se reporta en el periódico el Universal el pasado 25 de mayo de 2007 en Toluca, “*el canal de aguas negras “Espíritu Santo” de San Felipe Tlalmimilolpan, dejó como saldo 403 casas afectadas y dos vehículos particulares echados a perder en las colonias Las Margaritas, Jiménez Gallardo, Laura Jiménez y Las Palomas, de Metepec.*

## **1. Conceptos Generales de Cuenca.**

Para comprender mejor la dinámica de la cuenca y la interacción que tiene ésta con su entorno, es importante definir los conceptos de cuenca, microcuenca, partes de la microcuenca, calidad de vida, paisaje, teoría general de sistemas, manejo integral de cuenca y parámetros a evaluar de suelo y agua.

*Cuenca* es una zona de la superficie terrestre en donde (si fuera impermeable) las gotas de lluvia que caen sobre ella tienden a ser drenadas por el sistema de corrientes hacia un mismo punto de salida (Aparicio, 2001: 19).

*Microcuenca* Es un territorio delimitado por un parteaguas y determinado por un sistema de drenaje natural que escurre hacia un mismo cauce, con superficie promedio de 6,000 hectáreas o 60 km<sup>2</sup>. En referencia al tamaño, es la división más pequeña de las cuencas, sin perder su apreciación conceptual (la escala utilizada para su representación cartográfica es de 1: 20 000 y 1: 10 000) (FIRCO 2005).

Las cuencas se pueden subdividir en tres zonas de funcionamiento hídrico principales (INE, 2006):

1. Zona de Cabecera de las cuencas hidrográficas: es la parte más alta, garantiza la captación inicial de las aguas y el suministro de las mismas a las zonas inferiores. Es conocida como la zona productora de agua y la que requiere mayor atención.
2. Zona de Captación: La cual propicia una alta fragilidad hidro-ecológica, en esta parte se producen procesos de erosión y acumulación.
3. Zonas de Salida: donde el agua desemboca en la corriente principal o al mar.

La cuenca se constituye en un sistema de interacción, el cual debe ser entendido como la unidad de planificación susceptible, que debe sujetarse a un proceso permanente de investigación y manejo, para regular el equilibrio ecológico y se traduzca en beneficios para sus habitantes y usufructuarios.

### *Calidad de Vida.*

La expresión calidad de vida aparece en los debates públicos en torno al medio ambiente y al deterioro de las condiciones de vida urbana. Durante la década de los 50 y a comienzos de los 60, el creciente interés por conocer el bienestar humano y la preocupación por las consecuencias de la industrialización de la sociedad hacen surgir la necesidad de medir esta realidad a través de datos objetivos, y desde las Ciencias Sociales (Gómez, 2007).

Es por ello que la sostenibilidad tiene que tomar medidas para mitigar las desigualdades, al tiempo que proporcione un medio ambiente donde haya como mínimo, los suficientes ingresos o el trabajo que le permita a toda la humanidad satisfacer sus necesidades básicas. Solo así se puede hablar de “calidad de vida” o de “bienestar” (Daltabuit, M. J et al, 2000:109).

Entonces podemos decir que la calidad de vida es un parámetro dinámico no lineal que articula lo cuantitativo y lo cualitativo; al tener una buena calidad de vida se protege a los recursos naturales con tal de mantener dicha calidad; depende de la satisfacción de las necesidades primarias, al igual que el cumplimiento de deseos, gustos y aspiraciones, sin éstas no se puede hablar de calidad de vida.

*Manejo Integral de Cuencas (MIC) y Teoría General de Sistemas (TGS).*

Para comprender mejor la relación que existe entre la teoría y el manejo integral de cuencas, se presenta un resumen en la tabla 1:

Teoría General de Sistemas	Manejo Integral de Cuenca
Relaciona: Se concentra sobre las interacciones de los elementos.	Hace un balance entre los diferentes usos que se le pueden dar a los recursos naturales y los impactos que estos tienen a largo plazo para la sustentabilidad de los recursos.
Considera los efectos de las interacciones.	
Se basa en la percepción global.	Se toman decisiones sobre los usos y modificaciones a los recursos naturales dentro de una cuenca.
Modifica simultáneamente grupos de variables.	De acuerdo a los recursos humanos y naturales se modifica.
Integra la duración y la irreversibilidad.	Lo que se hace cuenca arriba modifica abajo.
La validación de los hechos se realiza por comparación del funcionamiento del modelo con la realidad.	Toma en cuenta los estudios que se han realizado.
Modelos insuficientemente rigurosos pero utilizables en la decisión y acción.	De acuerdo a las características del lugar se acoplan las modificaciones.
Enfoque eficaz cuando las interacciones son no-lineales y fuertes.	Se toman en cuenta todos los factores hidrológicos, geológicos, edafológicos y sociales.
Conduce a la interdisciplinariedad.	Para llevar a cabo la formulación y desarrollo de actividades se necesitan expertos.
Conduce a una acción por objetivos.	Se realizan áreas homogéneas y cada una tiene objetivos.
Conocimiento de los objetivos, detalles borrosos.	De acuerdo a las áreas homogéneas y de su comportamiento es como se aplican actividades.
Conocimiento normativo.	Toma en cuenta la legislación.

Tabla 1: Comparación entre teoría general de sistemas y manejo integral de cuencas (Elaboración propia con base en datos de Perales 2000 e INE 2006).

**2. Metodología**

El tipo de investigación desarrollada es de carácter descriptivo, transversal, analítico y prospectivo; además por las características del proyecto, la investigación se desarrolló aplicando las fases de aprestamiento y prospectiva propuestas por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM, 2003), así como los lineamientos propuestos por la Comisión Nacional del Agua (CNA).

**Aprestamiento.**

Esta fase de la metodología inició con una visita de campo para el conocimiento del área de estudio, con lo que se pudo identificar la problemática y formular los objetivos. El marco teórico

se obtuvo de una revisión bibliográfica acerca de la Teoría General de Sistemas, Manejo Integral de Cuencas, así como también el paisaje y la calidad de vida; después de esto se enfocó en la microcuenca y a la zona de estudio.

#### Diagnóstico.

Esta etapa corresponde a la investigación de campo, en esta se procedió a la recopilación de información directa acerca de las condiciones que propician el estado actual de la microcuenca, así como de las áreas prioritarias de la localidad de Capultitlán en materia ambiental, tomando en cuenta las funciones de la microcuenca hidrológica, ecológica, ambiental y socioeconómica.

Se hicieron puntos de muestreo de suelo y agua con base en las ortofotos 1: 5 000, tomando en cuenta el color de la ortofoto. Se tomaron un total de veintitrés muestras de agua, recabando dos por mes en el periodo comprendido de abril a julio de 2007 (una muestra a la altura donde entra el arroyo a Capultitlán, y otra donde sale de la población), y recolectando tres por mes en el periodo comprendido de agosto a diciembre del mismo año (incorporando la muestra del ojo de agua); así como un total de treinta y siete muestras de suelo, dividiendo la superficie total en cuatro zonas, sin embargo, debido al gran volumen de material recabado, y dado que la finalidad de recolectar estas es obtener una muestra representativa del área, se homogeneizaron para analizar cuatro muestras de suelo.

Para la calidad de vida se considero que esta va a depender del bienestar y de la identidad cultural, por lo tanto se llevaron acabo encuestas con la población que se encuentra en las áreas prioritarias en cuestión ambiental, la muestra fue de 150 cuestionarios, esto se obtuvo a partir de la digitalización tomando en cuenta la población del 2000.

#### Prospectiva

Con el diagnóstico se tuvo clara la problemática existente y las áreas prioritarias en la localidad y en la microcuenca, de esta manera se pudieron proponer recomendaciones a las posibles tendencias en cada zona identificada de acuerdo a las características del lugar; considerando el paisaje original, su estado actual y que la afectación de la microcuenca repercute en la calidad de vida de los habitantes.

#### *Contexto Legal*

Dentro de este apartado se abordará el Código para la Biodiversidad del Estado de México y la Ley de Aguas Nacionales, ya que dentro del cuerpo de estas normas jurídicas se aborda el manejo integral de cuencas y la calidad de vida

#### *Código para la Biodiversidad del Estado de México*

Dentro de este Código, en su libro primero, se mencionan los objetivos específicos, mismos que a continuación se describen:

“Son objetivos específicos de este Libro (2005):

La prevención y control de la contaminación de las aguas de jurisdicción del Estado y de las aguas nacionales que estén asignadas o concesionadas al Gobierno del Estado y la regulación de su aprovechamiento y uso sostenible;

El control y prevención de las actividades que propicien contaminación de las aguas federales que el Estado o los Municipios tengan asignadas o concesionadas para la prestación de

servicios públicos y de las que se descarguen en las redes de alcantarillado de los centros de población, sin perjuicio de las facultades de la Federación en materia de tratamiento, descarga, infiltración y rehusó de aguas residuales conforme a las disposiciones aplicables;

La regulación de las áreas naturales que tengan un valor escénico o de paisaje para protegerlas de la contaminación visual;

Garantizar la participación corresponsable de las personas en forma individual o colectiva para la conservación, remediación, restauración, recuperación, rehabilitación, mejoramiento, vigilancia y protección a la biodiversidad y al medio ambiente en la Entidad;”

### *Ley de Aguas Nacionales (LAN)*

Se tomó en cuenta la Ley de Aguas Nacionales ya que tiene por objetivo regular la explotación, uso o aprovechamiento de aguas nacionales, su distribución y control, así como la preservación de su cantidad y calidad para lograr su desarrollo integral sustentable (LAN, 2004), pues de acuerdo al orden jerárquico de las leyes, esta es la que servirá de base para los ordenamientos a nivel estatal y municipal.

### **3. Diagnóstico de agua y suelo en capultitlán**

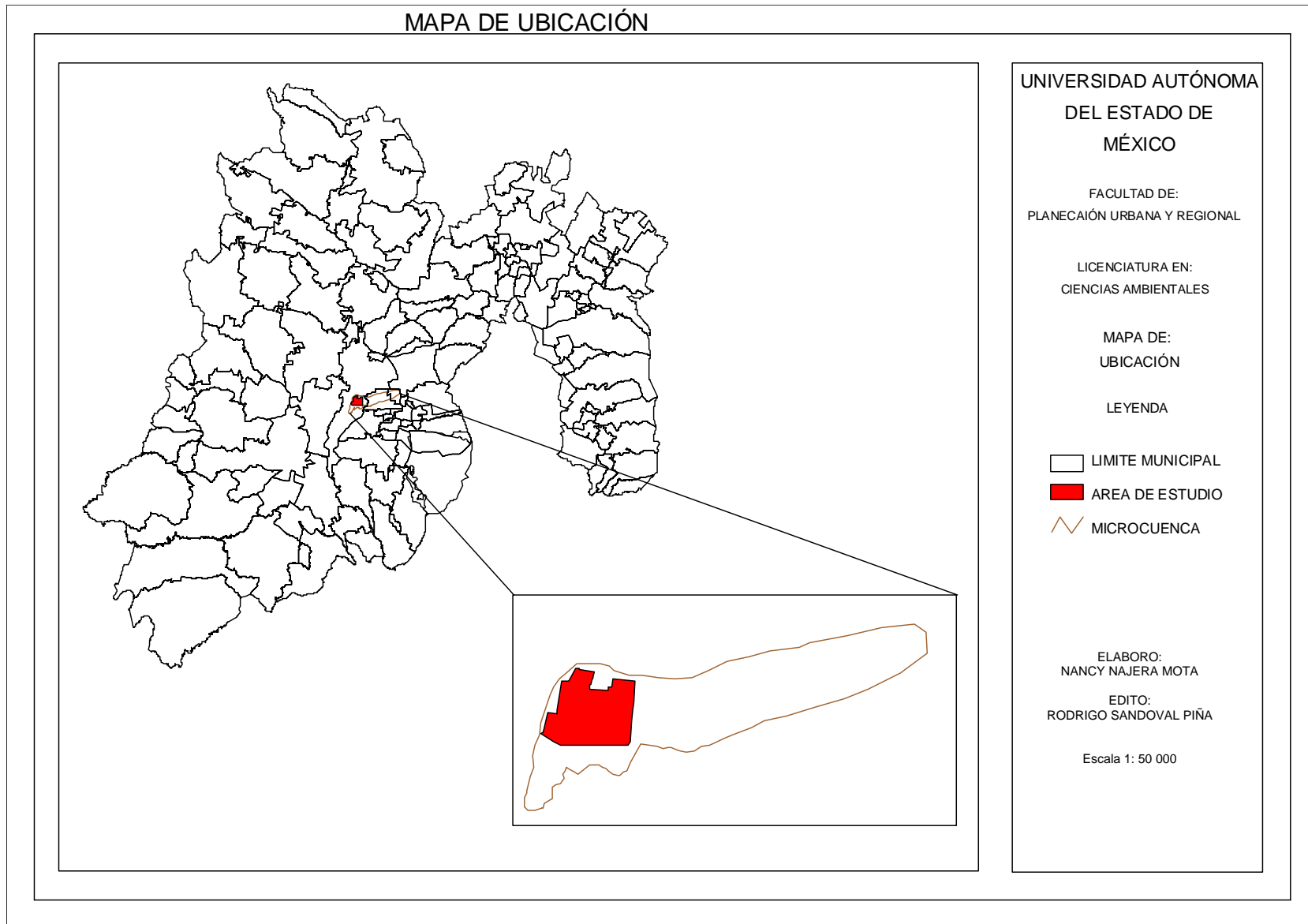
En este capítulo se llevará a cabo la descripción tanto de la microcuenca del arroyo “El Arenal” como de la localidad de Capultitlán, su localización, finalizando con la caracterización de agua y suelo tomando en cuenta las muestras que se hicieron de cada uno de ellos.

La cuenca Lerma Santiago se origina en la laguna de Almoloya del Río recorre 178 kilómetros cuadrados, ésta cuenca abarca 20 Subcuencas. La microcuenca del arroyo “El Arenal” pertenece a la subcuenca tributaria 12Aa04 “Arroyo Seco y San Mateo” (Gobierno del Estado de México, 1993). Se encuentra dentro de los municipios de Toluca, Metepec y Lerma (ver mapa 1).

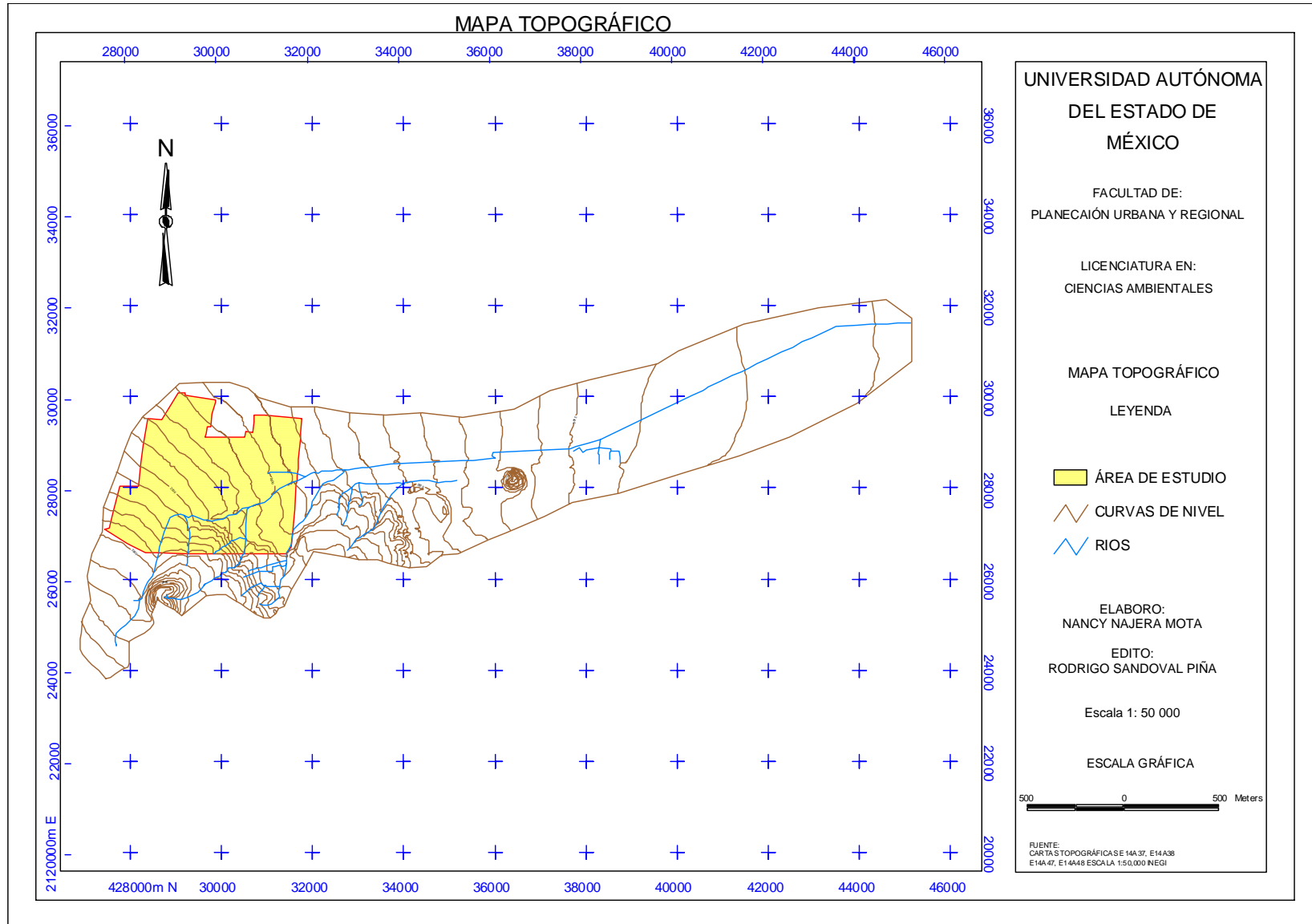
La delimitación de la microcuenca se obtuvo a partir de las curvas de nivel de las cartas topográficas de INEGI: E14A47, E14A48, E14A38 Y E14A37. De acuerdo al PRPC (2005). Las coordenadas extremas son 19° 24 y 19°31 de latitud norte, 99° 27 y 99° 45 longitud oeste como se observa en el mapa 2.

La delimitación de la localidad de Capultitlán se hizo en base a su monografía delegacional, tiene como coordenadas extremas 19° 04' y 19° 28' de latitud norte, 99° 31' y 99°47' longitud oeste, se encuentra a 2690 msnm; cuenta con una área de 10.94 km<sup>2</sup> (Alanis, 2000: 14).

Mapa 1: Mapa de ubicación



Mapa 2: Mapa topográfico





El área de la microcuenca es de 5752.33 ha con un perímetro de 46.23 km<sup>2</sup>, el área es una de las características morfométricas más importante ya que afecta las crecidas, el flujo mínimo y la corriente en diferentes modos; entre mas grande sea la microcuenca, mayor tiempo necesitará el pico de crecida en pasar por un punto determinado y necesariamente sucede que las crecidas son menores cuando la cuenca aumenta de tamaño. En la microcuenca del arroyo "El Arenal" tiene un área grande de acuerdo a la superficie promedio establecida por Fideicomiso de Riesgo Compartido (FIRCO, 2005).

Sin embargo, ha tenido modificaciones en los patrones de drenaje ocasionadas por la actividad humana, dando como resultado un patrón de tipo artificial en la zona baja debido a que el arroyo es entubado; estas modificaciones han causado que aumenten las crecidas y no tenga rápida respuesta a la precipitación por lo que ocasiona inundaciones en la zona baja de la microcuenca, sin importar el área de está. El orden del sistema de drenaje se determino según Schumm. Se obtuvo que el sistema es de orden 3.

Esto da como resultado que la dinámica de la microcuenca presente problemas de erosión y arrastre de sedimentos. En cuanto a la clasificación de los sistema de drenaje es de tipo erosivo subparalelo, el cual se ocasiona por la pendiente que se encuentra en la región donde se localiza el drenaje, por el tipo de material pétreo, y por las vertientes alargadas, el tipo de roca es clástica y volcánica en la zona alta de la microcuenca (Protección Civil, 2003), por lo tanto el sistema de drenaje no es debido a la geología, sino a la pendiente.

En clima en la microcuenca; en la zona alta; la precipitación media anual es de 801 a 900 mm mientras que en la zona baja es de menor a 800mm (H. Ayuntamiento de Toluca, 2007), por esta razón nos enfocaremos a la zona alta o cabecera, ya que esta es la productora de agua por lo que es la que requiere mayor atención, además lo que ésta sucediendo en la zona baja (inundaciones) es ocasionado por el manejo que se esta haciendo en la zona alta.

En la microcuenca del arroyo "El Arenal" se pueden observar dos tipo de paisaje el urbano la zona media y baja; y el rural en la zona alta, cuenta con vegetación inducida debido a los cultivos que se siembra como: nube (*Gypsophila paniculada*), cempazúchil (*Tagetes erecta*), además de maíz (*Zea mays*), frijol (*Phaseolus vulgaris*), calabaza (*Morinda paramensis*) y haba (*Vicia faba*); cabe resaltar que en la zona de estudio solamente se realiza agricultura de temporal. Además existen árboles de capulín (*Prunus capuli*), tejocote (*Carataegus parryana*) y yucas (Manihot dulces) éstas últimas de acuerdo a entrevistas realizadas a habitantes de zona de estudio se plantaron para el control de avenidas y arrastre de sedimentos, sin embargo, con expansión urbana se han ido tirando. Se encuentra vegetación inducida como son cedros.

Dentro de la microcuenca del arroyo "El Arenal" se encuentran las poblaciones de Capultitlán, Tlacotepec, Toluca, Metepec y San Juan Tilapa. De las cuales solamente se considerara la localidad de Capultitlán, ya que, esta ocupa mayor superficie de la zona alta de la microcuenca. La población en Capultitlán en 1970 y del 2000 por AGEB se presenta en la tabla 2:

	1970	2000
Población total	6588	13758
Población Económicamente Activa	53	4879
Población desocupada		78
Población en actividad 1ª	39	167
Población en actividad 2ª	69	1442
Población en actividad 3ª	69	3128
Total de viviendas ocupadas	1012	2874
Viviendas particulares con drenaje conectado a la red publica	52	2611
Vivienda con drenaje conectado a fosa séptica, barranca		46
Vivienda sin drenaje		58
Viviendas con energía eléctrica	102	2697
Viviendas con agua entubada	40	1848
Vivienda con agua entubada por acarreo		138
Vivienda particulares que disponen de agua y drenaje		2442
Viviendas particulares que disponen de drenaje y energía eléctrica		2642
Viviendas particulares que disponen de agua, drenaje y energía eléctrica		2431
Viviendas particulares que no disponen de agua, drenaje y energía eléctrica		4

Tabla 2: Población 1970-2000 (Elaboración propia de acuerdo datos del INEGI).

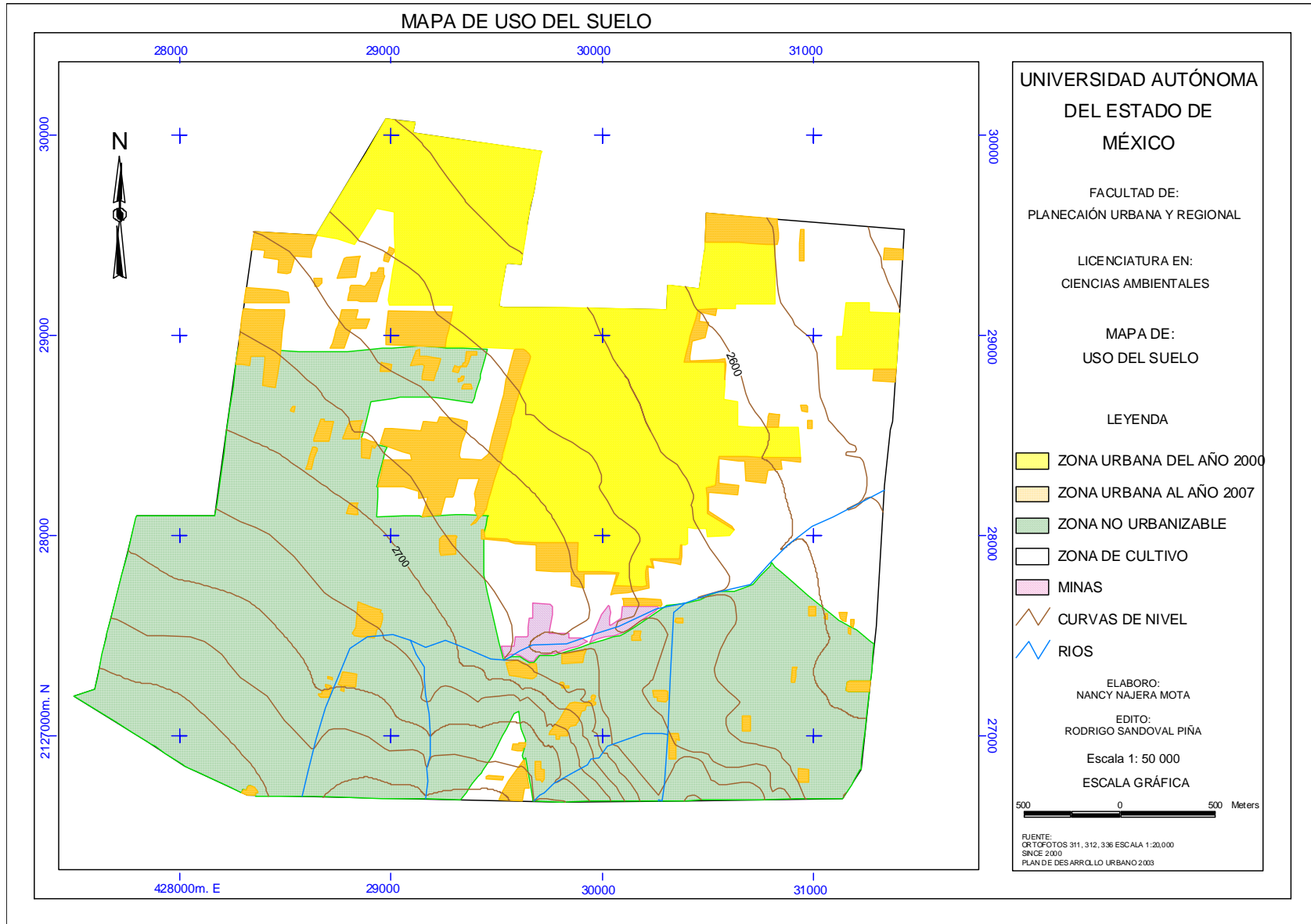
Con la tabla anterior se puede apreciar que la población en 30 años aumento mas del doble (109%), por lo tanto se demandaron terrenos para uso habitacional, ocasionando la venta de estos que anteriormente eran cultivados. Sin embargo, disminuyo la población sin drenaje ya que en 1970 era de 960 y para el 2000 fue de 260 viviendas.

Al hacer las visitas de campo se observó que la región oeste y sur de la localidad de Capultitlán no cuenta con todos lo servicios solamente con agua, por lo tanto el drenaje de las casas se vierte a la calle o a una fosa, en el caso de las casas que se encuentran cercanas al arroyo son vertidas en este; la energía eléctrica es robada del poste más cercan. Sin embargo, el pasado diciembre del 2007 la compañía de luz y fuerza comenzó a instalar los postes de luz.

En el caso de la zona este de la localidad, la recolección de basura solo llega aun punto donde se espera el camión y no hace un recorrido por la zona, por lo que algunas personas no escuchan o no saben que en ese lugar se espera el camión, este pasa cada tercer día o cada ocho, entonces los habitantes tienen que deshacerse de su basura, depositándola en los terrenos baldíos, en la vía pública, en el arroyo o quemándola.

Con la digitalización en base a las ortofotos 1:20 000 (2000) y a las visitas de campo se obtuvo que el uso de suelo de la localidad, es de un 69% agricultura, 1% las minas abandonadas y un 30% el área urbana aproximadamente (ver mapa 3). Sin embargo, la zona urbana sigue aumentando a pesar de no contar con los servicios públicos como se observa en el mapa con la con la población del 2000 (INEGI, 2000) y la población del 2007 sin considerar que en el Plan Municipal de Desarrollo se establece una delimitación de un área no urbanizable, la cual esta siendo invadida.

Mapa 3: Uso del suelo



### Caracterización del Suelo

Respecto a este recurso, el tipo de suelo que se encuentra en Capultitlán es Feozem Haplico se caracteriza por ser fértil, tiende a la sequedad periódica, (Porta J, López et al, 2003). Por la tanto, se tiene una buena productividad agrícola además por encontrarse en una zona de valle también favorece su rendimiento.

Con respecto a la caracterización del suelo, se tomaron 37 muestras de acuerdo al color de la ortofoto claro-oscuro, de tal manera que se hicieran muestras representativas de la zona de estudio, las muestras se manejaron de acuerdo a las siguientes normas; NMX-AA-052-SCFI-2000, NMX-AA-025-SCFI-2000 Y NMX-AA-021-SCFI-2000; para poder evaluar al suelo; de esta manera se obtuvieron los siguientes resultados (ver tablas 3):

Muestra	Materia Orgánica	Textura	pH 2:1	
			Agua destilada	Cloruro de potasio
S18/07	Mediano %CO Alto %MO	Franco arcillo arenoso	Moderadamente acido	Fuertemente acido
S19/07	Bajo %CO Muy bajo %MO	Franco arenoso	Fuertemente acido	Extremadamente acido
S20/07	Bajo %CO Mediano %MO	Franco arenoso	Moderadamente	Muy fuertemente acido
S21/07	Bajo %CO Mediano %MO	Franco arenoso	Fuertemente acido	Extremadamente acido

Tabla 3: Interpretación de las muestras de suelo (Elaboración propia, interpretación de los resultados de suelo).

Con respecto a las dos minas que se encuentran en la zona de estudio (ver mapa 3) se encontró que la mina 1 se esta rellenando con material de construcción (arena, tierra y grava) como lo marca la NOM-120-SEMARNAT; tiene un área de 540.91 m<sup>2</sup>, y la mina 2 esta abandonada con un área de 286.71 m<sup>2</sup>, por lo tanto, es a la que se debe dar más énfasis en su manejo, de acuerdo a un programa de restauración que contemple acciones como: estabilización de taludes, relleno de zanjas y esto debe de estar debidamente programado o en caso de tener otro uso se debe de justificar. Sin embargo, la mina lleva abandonada alrededor de 15 años y no se sabe que es lo que se pretende hacer con esta ya que es propiedad privada. Como se observa en las fotografía 1 la mina que esta siendo rellenada y en la fotografía 2 la mina abandonada. Además, ninguna de las dos minas se encuentran contempladas dentro del plan de desarrollo municipal, se localizan dentro del área urbanizable.



Foto 1 y 2: Mina 1, se esta rellenando e utilizando. Mina abandonada

### Caracterización del Agua

El arroyo nace en la localidad de Santiago Tlacotepec a 2880 msnm es importante considerar que de acuerdo a lo observado en las visitas de campo la localidad de Santiago Tlacotepec es la que vierte sus aguas residuales al arroyo “El Arenal” al igual que la zona este de Capultitlán (ver foto 3 y 4).



Foto 3 y 4: Descarga de aguas residuales al arroyo. Arrastre de basura, piedras y troncos.

Se tomaron 23 muestras simples de agua; 8 en el periodo de abril a julio y 15 de agosto a diciembre del 2007 de los siguientes tres puntos:

	Ojo de agua	Entrada	Salida
Coordenadas X	428205	428804	431030
Y	2125310	2127278	2127858
msnm	2834	2772	2708

Tabla 4: Localización de los puntos de muestreo (Elaboración propia)

De las 23 muestras de agua durante los nueve meses, se determinó pH, conductividad, turbidez, oxígeno disuelto, salinidad y temperatura, se obtuvieron los promedios que se muestran en la tabla 5 en el caso del parámetro de organismos coliformes totales solamente se tomaron dos muestra la del ojo del agua y al salir de la localidad de Capultitlán:

PARAMETROS	Calidad optima	Ojo de agua	Entrada	Salida
Volumen		1.72m <sup>3</sup> /s	2.7m <sup>3</sup> /s	6.188m <sup>3</sup> /s
pH	6.5-8.5* 5-10**	7,124	8,099	8,107
Conductividad mS/cm	0.005-0.5****	0,4264	0,585	0,612
Turbidez	1-5** 5***	0	239,111	249,222
OD mg/l	12.8-9.1*	6	1,294	0,81
Salinidad %	0.005****	0,012	0,019	0,023
Temperatura Río °C	40 **	14,8	19,5	17,4
Organismos coliformes totales NMP/mL	2***	1.1	no se tomo	>1 100

\* De acuerdo a la OMS, \*\*De acuerdo a la NOM-001-ECOL, \*\*\*De acuerdo a la NOM127-SSA1,

\*\*\*\* es.wikipedia.org

Tabla 5: Promedio de parámetros de agua (Elaboración propia a partir de resultado de los parámetros).

Al hacer una entrevista con el departamento de Agua y Saneamiento de Toluca, mencionaron que Santiago Tlacotepec es una delegación, por lo tanto cuenta con un Comité de Agua el cual se encarga del uso, manejo, aprovechamiento y calidad del agua dentro de la delegación como menciona la Ley de Aguas Nacionales (LAN) en el Art. 12 BIS 6. Sin embargo, no cuentan con el registro de la red de drenaje de dicha localidad al igual que el control del uso y aprovechamiento del arroyo "El Arenal".

Con respecto a Capultitlán, la red de drenaje esta a cargo de Agua y Saneamiento de Toluca. Sin embargo, no toda la localidad cuenta con el servicio principalmente las zonas conurbadas al centro debido al crecimiento poblacional.

Teniendo las condiciones en las que se encuentra la zona de estudio, es importante tomar en cuenta la participación ciudadana así como el bienestar, y calidad de vida de los habitantes de Capultitlán, para esto se realizaron encuestas de las cuales se obtuvieron los siguientes resultados:

Los problemas referentes al medio ambiente que perciben los habitantes de la localidad de Capultitlán son los siguientes: basura con el 54% en terrenos baldíos y calles, el humo provocado por la quema de basura y polvo con el 12%, el 6% mal olor al igual que el drenaje en la calle, otros problemas como fauna nociva, ruido, y smog 12%; el 3% mencionó que no existe ningún problema y el 8% no contestó.

Las encuestas arrojaron los siguientes resultados: el 63% cuenta con agua potable, 58% tiene luz eléctrica, 53% cuenta con el servicio de recolección de basura, el 47% tiene drenaje y alcantarillado y solamente el 7% no cuenta con ningún servicio.

El principal problema ambiental es la basura, este es ocasionado por la irregularidad con que pasa el camión recolector de basura, la distancia de los puntos de recolección, o desconocimiento del servicio por parte de la población, por lo tanto, el manejo de desechos domésticos se realiza de la siguiente manera: el 25% tiran la basura en un camión particular, el 18% de los encuestados la queman, el 17% esperan a que pase el camión recolector, el 10% la arrojan al arroyo, y el 7% la llevan a otro lugar o la tiran en la calle, y el 5% no contestó esta pregunta.

En cuanto al lugar donde vierten el agua de desecho de su domicilio, el 51% contestó que usan la red de drenaje, el 19% utiliza una fosa y el 12% utilizan el arroyo o la calle como vertedero.

En cuanto a la participación ciudadana, el 18% del total de población encuestada no quiso contestar la encuesta. En cuanto a la participación para mejorar el entorno en donde viven, al 62% le gustaría que hubiera más áreas verdes en la localidad, ya que el 47% menciona que había más árboles cuando llego a vivir a la localidad; el 62% esta dispuesto a participar en campañas de recolección de basura y de reforestación.

A pesar de esto el 10% no conoce el arroyo "El Arenal", el 25% de los habitantes encuestados mencionan que la contaminación del arroyo es causada por los habitantes cercanos al arroyo y el 18% menciona que son todos los habitantes de Santiago Tlacotepec, los agricultores y los que viven cercanos al arroyo; por lo tanto el 22% que no viven cercanos al arroyo no esta dispuesto a participar en la limpieza de este, mencionan que no son los causantes de la contaminación; el principal problema es la basura con 45% y las descargas de aguas domésticas por 20%, mientras que el 7% considera que es

causado por ramas y basura de cultivos. Por lo que el 25% dice que los responsables en resolver el problema es el municipio, el 26% dice que todos el Agua y Saneamiento de Toluca, Comisión Nacional del Agua (CNA), los delegados y los habitantes cercanos al arroyo.

#### **4. Discusión de Resultados**

Con la descripción de la microcuenca se concluyó que es de 3<sup>er</sup> orden, debido a esto y al tipo de sistema de drenaje presenta problemas de erosión; además, el cambio de uso de suelo ocasiona el aumento de sedimentos, y la pérdida de vegetación aumentando la velocidad del cauce y ocasionando que el drenaje no reaccione adecuadamente ante la precipitación.

Con respecto a las muestras de agua se observó que en temporada de lluvias aumenta el riesgo de inundación, ya que el cauce crece de acuerdo a la intensidad de la lluvia; arrastrando piedras, troncos, ramas y basura; además de ser depósito de aguas residuales de Santiago Tlacotepec y en forma clandestina de algunas casas aledañas a Capultitlán, contaminando el agua a los 2 m. del nacimiento del arroyo "El Arenal", lo cual fue verificado con los resultados de los análisis físicos y químicos de las muestras de agua y con las visitas de campo, que conforme avanza la corriente del arroyo aumenta la contaminación de este, por la falta de servicios en la zona conurbada a los centros de las localidades (Capultitlán y Santiago Tlacotepec). A pesar de que la Ley de Aguas Nacionales (LAN) en el art. 119 menciona que será sancionado al arrojar cualquier contaminante a aguas nacionales y al descargar en forma permanente, intermitente o fortuita aguas residuales; con una multa de 5,001 a 20,000 días de salario mínimo cada falta de acuerdo al art.120 (LAN, 2004), por lo tanto esta ley no se esta cumpliendo.

En una vertiente del arroyo "El Arenal" que se localiza cerca del ojo de agua, existe una presa que construyeron en la cual van de 6 a 8 pipas diariamente a cargar agua; es el único aprovechamiento que se le da al arroyo. A pesar de que no cuenta con concesión, ya que se están obteniendo beneficios económicos por lo que la multa de esta falta es igual a la anterior de 5,001 a 20,000 días de salario mínimo de acuerdo al art. 120 de la LAN.

Este aprovechamiento no disminuye significativamente el cauce, ni produce alteraciones en su calidad, sin embargo, el aprovechamiento no puede ser libre ya que no se hace por medios manuales sino que es por pipas como se extrae el agua de acuerdo al artículo 17 de la LAN.

El agua que tiene mejor calidad para uso y consumo humano es el correspondiente al ojo de agua. Sin embargo, no se le da el uso adecuado debido a que se están vertiendo aguas domésticas y basura a los dos metros de distancia de donde se encuentra su nacimiento.

Considerando únicamente los parámetros de temperatura y pH establecidos por la NOM-001 (ya que no establece los parámetros de oxígeno disuelto, turbidez, conductividad, salinidad y organismos coliformes totales), las tres muestras son aptas para la descarga de aguas residuales en aguas y bienes nacionales; por esta razón Santiago Tlacotepec y Capultitlán no se encuentran dentro de las poblaciones que tengan que cumplir con dicha NOM, si no que tienen como límite de cumplimiento de acuerdo al rango de población la fecha a partir del 1º de enero del 2010. Por esta razón no aplica la falta de descargar en

forma permanente, intermitente o fortuita aguas residuales, mencionada en el art. 119 de la Ley de Aguas Nacionales (LAN).

De acuerdo a Rodríguez y Rodríguez (2002), las muestras S19/07, S20/07 y S21/07 los nutrientes fierro, manganeso, boro, cobre y zinc se encuentran dentro de la asimilación óptima con respecto al pH. Sin embargo, en la muestra S18/07, los nutrientes nitrógeno, potasio y azufre se encuentran en los límites de asimilación óptima, mientras que el fierro, manganeso, boro, cobre y zinc se encuentran por debajo de estos límites.

Por lo tanto, la muestra S18/07 al ser una zona receptora, se encuentra mejor conservada debido a los nutrientes y características antes mencionadas, y con mayores posibilidades de asimilación de nutrientes en comparación con el valle, en el cual se encuentran las tres muestras restantes, además de que disminuye la zona urbana, y se encuentra mayor cantidad de vegetación.

De acuerdo al Plan de Desarrollo Municipal (2003), la parte alta de la zona de estudio se encuentra dentro de área no urbanizable; las minas, se encuentran en una área urbanizable, a pesar de esto en toda la localidad se puede observar la venta de terrenos, sin que se tenga algún control para evitar la invasión del área determinada como no urbanizable.

El crecimiento de la zona urbana impedirá que el suelo cumpla con las funciones de regular la temperatura y la humedad; que sirva como nutriente a plantas y animales, que favorezca el suministro de agua a plantas, y que actúe como anclaje para las plantas, perjudicará la depuración del aire, y el hábitat para la fauna, además de restringir el desarrollo de áreas de recreación, y convertir los terrenos en receptores de contaminantes y materiales de desecho (solares abandonados). Además las áreas rurales suministran de bienes de calidad superior y servicios, lo cual estimula la comercialización del área urbana. (Porta, 2003: 903).

De acuerdo al Código para la Biodiversidad del Estado de México (2005) en el Artículo 4.45 prohíbe: arrojar o abandonar en la vía pública, áreas comunes, parques, barrancas, despoblados y en general en sitios no autorizados residuos de cualquier especie; quemar a cielo abierto o en lugares no autorizados cualquier tipo de residuos y establecer depósitos de residuos sólidos urbanos o de manejo especial en lugares no autorizados o aprobados por las autoridades competentes.

De acuerdo a las encuestas el 35% de la población no cumple con el artículo 4.45 por tanto, tendría que pagar una multa de 50 a 200 días de salario mínimo al realizar por segunda ocasión las conductas: tirar basura en vía pública, terrenos abandonados y quemar cualquier tipo de residuos; 500 a 1000 días de salario mínimo o un arresto administrativo de 36hrs o multa de 1000 a 2500 días de salario mínimo de acuerdo al art. 4.104; la sanción depende de la trascendencia social o sanitaria y el perjuicio causado por la infracción cometida; el ánimo de lucro ilícito y la cuantía del beneficio obtenido en la comisión de la infracción; el carácter intencional o negligente de la acción u omisión constitutiva de la infracción; la reincidencia en la comisión de infracciones, la gravedad de la conducta; los antecedentes, circunstancias y situación socioeconómica del infractor. Además de llevar a cabo acciones para remediar y reparar el daño del sitio contaminado e indemnizar los daños causados a terceros de acuerdo al Código para la Biodiversidad del Estado de México en su art. 4.106.



## CONCLUSIONES

Se concluye que se debe de hacer el manejo integral de cuencas teniendo en cuenta que la cuenca es un sistema que cualquier modificación va perturbar otros elementos y la microcuenca es parte del sistema, por esta razón el abordar los problemas de lo particular a lo general, permite conocer los factores que alteran la dinámica natural de la cuenca desde su origen que es en la microcuenca. De esta manera se utilizan alternativas en la zona alta para prevenir problemas y garantizar el bienestar aguas abajo.

Partiendo de que los problemas no se generan en el lugar donde sucede el desastre (aguas abajo), ya que las acciones realizadas aguas arriba impactan aguas abajo, el problema debe ser visto de una forma integral para garantizar la seguridad y la calidad de vida de los habitantes, de esta manera la participación ciudadana y el manejo de los recursos principalmente del agua, debe considerarse desde la zona alta de la microcuenca como unidad de estudio y no desintegrar por regiones, como se observó en las localidades en cuanto a la red de drenaje y alcantarillado, que esta siendo manejada en Santiago Tlacotepec por el Comité de Agua y en Capultitlán por Agua y Saneamiento de Toluca.

Respecto a la participación de los habitantes están dispuestos a mejorar su entorno esto se observo con la aplicación de las encuestas ya que solamente el 18% de población encuestada no esta dispuesto a participar ya que no contestó la encuesta, mientras que el 62% esta dispuesto a participar en una campaña de reforestación y recolección de basura y el 54% en la limpieza del arroyo. De esta manera solamente falta que las autoridades participen e incentiven a la población.

El agua en su nacimiento tiene buena calidad para consumo humano. Sin embargo, se esta contaminando lo que impide que se aproveche, esto se ve reflejado claramente con los resultados de organismos coliformes totales ya que en el ojo de agua se encuentran 1.1 organismos y a la salida de la localidad se incrementa considerablemente a >1100; en cuanto a turbidez de 0 aumenta a 249.22 y el oxígeno disuelto disminuye de 6 a 0.81mg/l; esto es debido a la falta de servicios públicos, que propician la descarga de aguas residuales y de basura en el arroyo; disminuyendo así la calidad de vida, por consiguiente el deterioro de los recursos suelo, agua y paisaje; el comité de agua de Santiago Tlacotepec no esta tomando medidas para mejorar su calidad e impedir su degradación ya que no tienen conocimiento del manejo que se le esta dando al arroyo al igual que Agua y Saneamiento de Toluca.

El cambio de uso de suelo esta ocasionando inundaciones en la zona baja municipio de Metepec como lo mencionó el Universal (2007), la falta de coordinación en cuanto a la red de drenaje está ocasionando la contaminación del arroyo; la escasez de servicios públicos provoca la degradación del arroyo y del suelo causada por las aguas residuales y la basura en dichos recursos. Además, la pérdida de vegetación causada por la construcción esta favoreciendo al arrastre de sedimentos. La expansión la mancha urbana de la zona baja a la alta a ocasionado el abandono de terrenos, de acuerdo a los análisis de suelo demuestran que las propiedades son de baja productividad y esto también propicia la venta de los terrenos.

En cuanto a las minas una si esta siendo utilizada y el ángulo de los taludes ha disminuido. Sin embargo, la mina 2 no esta siendo utilizada y no se sabe cual va a ser su

uso, mientras esta siendo una zona de riesgo debido a que los taludes son de 90° y la población se esta asentando cerca de esta.

Con respecto a la legislación no se están aplicando las sanciones que establecen la Ley de Aguas Nacionales y el Código para la Biodiversidad del Estado de México, acerca de la basura y la descarga de aguas residuales en el arroyo, terrenos abandonados y vía pública. En cuanto a las obligaciones de la comisión y de los ciudadanos acerca de la restauración, conservación, mejoramiento y protección de los recursos no se están realizando, a pesar de que están dispuestos a participar en campañas de reforestación y mejoramiento del arroyo, las personas cercanas a esté, ya que las autoridades encargadas no están realizando programas en los que fomenten la participación de la población y la población prefiere deshacerse del problema sin importarle que efectos pueda tener las actividades que realizan aguas abajo.

## BIBLIOGRAFÍA

### Libros

- **Alanis, J.**, (2000) *Monografía Delegacional de Capultitlán*, México: H. Ayuntamiento de Toluca
- **Aparicio, F.**, (2001) *Fundamentos de Hidrología de Superficie*, México: Limusa Noriega editores.
- **Cruz, G.**, (2006) *La Cuenca como Unidad de Planeación Ambiental*, México: Instituto Nacional de Ecología.
- **Daltabuit, Mejía, J. et al**, (2000) *Calidad de Vida, Salud y Ambiente*, México: UNAM, Instituto de investigaciones antropológicas INI y CRIM
- **FIRCO**, (2005) *Guía Técnica para la Elaboración de Planes Rectores de Producción y Conservación (PRPC)*, México: FIRCO
- **Gobierno del Estado de México**, (1993) *Atlas Ecológico de la Cuenca Hidrológica del Río Lerma*: Comisión Coordinadora para la Recuperación Ecológica de la Cuenca del Río Lerma.
- **Perales Rivera, Hugo**, (2000) *La teoría de sistemas en la investigación agrícola: el caso del sistema citricota en la región de Nuevo León*, México: Tesis Ingeniero Agrónomo en Producción Agropecuaria, Universidad Autónoma de Chapingo.
- **Porta J, López et al**, (2003) *Edafología para la Agricultura y el Medio Ambiente*, España, mundi prensa.
- **Rodríguez, H., Rodríguez, J.**, (2002) *Métodos de análisis de suelos y plantas. Criterios de interpretación*, México, Trillas.
- **Von Bertalanffy**, (1976) *Teoría General de los Sistemas*, México: Fondo de Cultura Económica.

### Otros

- **Conductividad**, (2007) disponible en: [es.wikipedia.org/wiki/Conductividad\\_el%C3%A9ctrica](http://es.wikipedia.org/wiki/Conductividad_el%C3%A9ctrica). [Accesado el 3 de febrero de 2008]
- **Código para la Biodiversidad del Estado de México**, (2005) Cámara de Diputados del Honorable Congreso del Estado de México, "LV" Legislatura. México.
- *Dirección en Manejo Integrado de Cuencas Hídricas*, Instituto Nacional de Ecología (2006), disponible en: <http://www.ine.gob.mx> [Accesado el 3 de febrero de 2007]
- **Gómez M., E. Sabeh**, (2007) *Calidad de vida. Evolución del Concepto y su Influencia en la Investigación y la Práctica*, [en línea] Instituto Universitario de Integración en la Comunidad, Facultad de Psicología, Universidad de Salamanca, disponible en: <http://www3.usal.es/~inico/investigacion/invesinico/calidad.htm> [Accesado el 8 de mayo de 2007]
- **Greenpeace**, (2006) *Impactos y Principales Problemas en México*, disponible en: <http://www.greenpeace.org/mexico/campaigns/energ-a-y-cambio-climatico/impactos-en-mexico> [Accesado el 3 de febrero de 2007]
- **IDEM Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales**, (2003) *Guía Técnico Científica para la Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas*, Bogota: IDEM disponible en: <http://www.asocars.org.co/archivos/areas/4guia%20para%20el%20ordenamiento%20de%20cuencas.doc> [Accesado el 28 de septiembre de 2006]
- **INEGI**, 1997: *Cartas Topográficas E14A47, E14A48, E14A3 y E14A38 1: 50 000*, México: INEGI.

- **INEGI** Instituto Nacional de Geografía y Estadística, (2000) *XII Censo de Población y vivienda*, México: INEGI
- **INEGI** Instituto Nacional de Geografía y Estadística, (1970) *IX Censo General de población, localidades por entidad federativa y municipio con algunas características de su población y vivienda*, Volumen II, México: INEGI
- **Ley de Aguas Nacionales**, (2004) Cámara de Diputados del Honorable Congreso de la Unión, México
- **NOM-120-SEMARNAT-1997**, *Establece las Especificaciones de Protección Ambiental para las Actividades de Exploración Minera Directa, en Zonas con Climas Secos y Templados en Donde se Desarrolle Vegetación de Matorral Xerófilo, Bosque Tropical Caducifolio, Bosque de Coníferas o Encinos.*
- **NOM-127-SSA1-1994**, *Salud Ambiental, Agua para Uso y Consumo Humano-Límites Permisibles de Calidad y Tratamientos a que debe Someterse el Agua para su Potabilización.*
- **NOM-001-ECOL-1996**, *Límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales.*
- **Plan Municipal de Desarrollo**, (2003) Secretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda.
- **Protección Civil**, (2003) *Delegación Capultitlán*, Sistema Integral de Riesgos [Accesado el 10 de septiembre de 2007]
- **Organización Mundial de la Salud**, (2007) *Health criteria and other supporting information. Volumen 2*, disponible en: [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwq/2edvol2p2b.pdf](http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/2edvol2p2b.pdf) [Accesado el 27 de noviembre de 2007]
- **Salinidad**, (2007) disponible en: [es.wikipedia.org/wiki/Salinidad](http://es.wikipedia.org/wiki/Salinidad) [Accesado el 3 de febrero de 2008]
- **Universal**, (2007) *Un aguacero afecta 40 casas en Metepec*. 25 de mayo de 2007 en línea: <http://www.eluniversal.com.mx/notas/427184.html> [Accesado el 28 mayo de 2007]