



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO**  
**FACULTAD DE PLANEACIÓN URBANA Y REGIONAL**  
**LICENCIATURA EN CIENCIAS AMBIENTALES**

**DIAGNÓSTICO DE LA VIABILIDAD DE CAPTACIÓN Y USO DE AGUA  
PLUVIAL EN LA COMUNIDAD DE SAN LORENZO TOXICO, MUNICIPIO DE  
IXTLAHUACA.**

**TESIS**

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
LICENCIADO EN CIENCIAS AMBIENTALES**

**PRESENTA**

**PABLO MARTÍNEZ MARTÍNEZ**

**DIRECTOR DE TESIS**

**M. en A.E. ANA MARCELA GÓMEZ HINOJOS**

**MAYO DE 2013**

## *AGRADECIMIENTOS*

**A DIOS**, por mostrarme siempre el camino que debo seguir  
por todo el amor que me ha demostrado en tiempos difíciles.  
y porque si he llegado hasta aquí fue gracias a él.

**A ti Papá**, por los enormes sacrificios que has hecho  
por mi a lo largo de mi carrera de estudios y por los consejos y regaños  
porque me han hecho madurar y seguir hacia adelante

**A ti Mamá**, por cada palabra de aliento, por cada desvelo  
Por todos los momentos difíciles en los que me has apoyado  
Por siempre tener tiempo para mí y una palabra de motivación.

### **A mis hermanos**

Saul, Joel, Gamaliel, Ezequiel y Marisol  
que siempre encontraron palabras para motivarme  
que supieron apoyarme, regañarme en el momento apropiado  
y que fueron parte fundamental para no dejarme claudicar.

### **A mis amigos**

Jhovany, Rodrigo, Itzel, Alex, Víctor, Paula  
Rubén, Adriana. Y en general a todos mis compañeros  
de la FaPUR, por ser esa segunda familia  
por compartir tantas alegrías y hasta peleas juntos  
por motivarme en momentos complicados y ser mi apoyo  
en todo momento no importando la situación que fuera.

Un especial agradecimiento al **Mtro. Armando Reyes**  
por ser un pilar importante en mi formación  
profesional y humana.

A la M. en A.E. **Ana Marcela Gómez Hinojos**  
por las atenciones, tiempo y disposición en una parte  
importante de mi formación profesional

## **Contenido**

Resumen .....	8
Introducción .....	10
<b>CAPITULO I ESQUEMA DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>14</b>
1.1 Justificación .....	15
1.2. Contribución de la propuesta.....	16
1.3 Objetivos .....	16
1.3.1 General.....	16
1.3.2 Específicos .....	16
1.4 Hipótesis.....	17
1.5 Metodología .....	17
<b>CAPITULO II MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>21</b>
2.1 El agua.....	23
2.2 Composición del agua.....	24
2.3 El agua como recurso renovable.....	24
2.4 El ciclo del agua o ciclo hidrológico. ....	25
2.5 Agua potable.....	26
2.6 Usos del agua.....	27
2.7 Captación de agua de lluvia para consumo humano .....	29
2.8 El agua, su situación actual.....	30
2.9 Los recursos hídricos en México.....	31
<b>CAPITULO III ANTECEDENTES .....</b>	<b>34</b>
3.1 La captación de agua de lluvia, su pasado y actualidad .....	35
3.1.1 Chultunes.....	37
3.1.2 Cisternas de Ferrocemento .....	40

3.1.3 Bordos .....	40
3.2 Principales sistemas de captación de agua de lluvia (SCALL) utilizados en el mundo y en México. ....	41
3.3 Las etapas importantes en el contexto internacional .....	44
CAPÍTULO IV MARCO CONTEXTUAL.....	47
4.1 Caracterización .....	48
4.2 Relieve o Geomorfología .....	50
4.3 Hidrología.....	52
4.4 Precipitación .....	54
4.5 Población.....	68
4.6 Uso de Suelo .....	73
4.7 Agua Potable .....	78
CAPÍTULO V MARCO NORMATIVO.....	80
5.1 ÁMBITO DE COMPETENCIA FEDERAL.....	81
5.1.1 Constitución Política De Los Estados Unidos Mexicanos.....	81
5.1.2 Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA).....	81
5.2 ÁMBITO DE COMPETENCIA ESTATAL.....	82
5.2.1 Ley Del Agua Del Estado De México .....	82
5.3 NORMAS OFICIALES MEXICANAS EN TEMA DE AGUA .....	84
5.3.1 NOM-127-SSA1-1994.....	84
5.3.2 NOM-002-CNA-1995.....	84
5.4 Marco Jurídico de la Calidad del Agua.....	85
CAPÍTULO VI ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS .....	87
6.1 Parámetros de acuerdo a la NOM-127-SSA1-1994.....	88
6.2 Parámetros Físicos.....	88

6.2.1 Turbidez .....	88
6.2.2 Color .....	89
6.2.3 Olor y sabor .....	89
6.2.4 Conductividad y resistividad .....	89
6.3 PARÁMETROS QUÍMICOS .....	90
6.3.1 Alcalinidad .....	90
6.3.2 Coloides .....	90
6.3.3 Acidez mineral.....	91
6.3.4 Sulfatos .....	91
6.3.5 Nitratos .....	91
6.3.6 Sodio.....	92
6.3.7 Potasio .....	92
6.3.8 Calcio.....	92
6.3.9 Magnesio .....	93
6.4 Sólidos .....	93
6.4.1 Sólidos disueltos.....	93
6.4.2 Sólidos en suspensión.....	93
6.4.3 Sólidos totales.....	94
6.4.4 Residuo Seco .....	94
6.5 PARÁMETROS BIOLÓGICOS .....	94
6.5.1 Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO).....	94
6.5.2 Demanda Química de Oxígeno (DQO) .....	95
6.6 Parámetros bacteriológicos.....	95
6.7 Parámetros radiológicos .....	96
6.8 RESULTADOS OBTENIDOS .....	97

6.9 ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	100
6.9.1 Turbiedad.....	100
6.9.2 Dureza.....	100
6.9.3 Sólidos disueltos totales.....	101
6.9.4 Cloruros.....	101
6.9.5 Fluoruros.....	102
6.9.6 Nitrógeno amoniacal.....	102
6.9.7 Nitrógeno de nitratos.....	103
6.9.8 Nitrógeno de nitritos.....	103
6.9.9 Sulfatos.....	104
6.9.10 Manganeso.....	104
6.9.11 Coliformes Fecales y Coliformes Totales.....	105
CAPÍTULO VII CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	107
7.1 Conclusiones.....	108
7.2 Recomendación.....	111
BIBLIOGRAFÍA.....	112
ANEXOS.....	116
1. Gráficas de precipitación correspondientes al periodo comprendido de los años 1980-2007.....	116
2. Informes de análisis de calidad de Agua Potable y Agua de Lluvia.....	130

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Esquema metodológico.....	18
Figura 2.1. Molécula de agua.....	24
Figura 2.2. Ciclo del agua .....	26
Figura 2.3. Intensidad de sequias mayo de 2007 .....	33
Figura 3.1. (Chultún) primeros sistemas de captación de lluvia .....	37
Figura 4.1. Mapa Topográfico .....	49
Figura 4.2. Volcán San Miguel .....	50
Figura 4.3 Geomorfología .....	51
Figura 4.4 Afluente Río Lerma... ..	52
Figura 4.5 Hidrología.....	53
Figura 4.6. Precipitación .....	62
Figura 4.7. Desbordamiento Rio Lerma en parcelas de cultivo.....	64
Figura 4.8. Parcelas inundadas.....	64
Figura 4.9. Inundación de parcelas de cultivo .....	65
Figura 4.10. Bordo de almacenaje de agua de lluvia. ....	66
Figura 4.11. Bordos utilizados para almacenar agua de los escurrimientos .....	66
Figura 4.12. Cultivos de temporal.....	73
Figura 4.13 Cultivos irrigados con agua del Rio Almoloya .....	73
Figura 4.14. Uso de suelo 1976.....	74
Figura 4.15. Cultivo de nopal y tomate.....	76

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Usos de agua.....	22
Tabla 4.1. Localización geográfica del área de estudio.....	41
Tabla 4.2. Población 2010: San Lorenzo Toxico. ....	63
Tabla 4.3. Población 1990 San Lorenzo Toxico.....	65
Tabla 4.4. Población 2000 San Lorenzo Toxico .....	66
Tabla 4.5. Población 2000 San Lorenzo Toxico .....	66
TABLA 6.1: Resultados del muestreo en el Laboratorio de Química Ambiental (Agua de Lluvia).....	84
Tabla 6.2: Resultados del muestreo en el Laboratorio de Química Ambiental (Agua Potable).....	85
Tabla 6.3 Síntesis de resultados del análisis de agua de lluvia (LI) Y Agua Potable (P) .....	86



## ÍNDICE DE GRÁFICAS

Grafica 4.1. Precipitación mensual 1980.....	51
Grafica 4.2. Precipitación mensual 1985.....	52
Grafica 4.3. Precipitación mensual 1990.....	53
Grafica 4.4. Precipitación mensual 1995.....	53
Grafica 4.5. Precipitación mensual 2000.....	54
Grafica 4.6. Precipitación mensual 2005.....	55
Grafica 4.7. Precipitación mensual 2007.....	56
Grafica 4.8. Precipitación mensual 1990:2007.....	57
Grafica 4.9. Población 1990 San Lorenzo Toxico .....	65
Grafica 4.10. Población 2000 San Lorenzo Toxico .....	66
Grafica 4.11. Población 2010 San Lorenzo Toxico .....	67

## RESUMEN

La problemática que actualmente se tiene en las diferentes regiones y estratos sociales asociadas a los recursos naturales se da en general por la mala administración que se tiene de ellos por gran parte de la población, influenciado en buena medida por la búsqueda del crecimiento económico de algunos pocos. Frente a esta situación se ha caído en una escasez de diferentes recursos pero sin duda el que más debe preocuparnos es el de la baja disponibilidad de agua potable.

Frente a las crisis de escasez del agua, el agotamiento de los acuíferos y la vulnerabilidad de fuentes externas, el agua de lluvia representa un recurso accesible, abundante y casi puro. Sin embargo, este recurso continúa siendo poco apreciado en la exploración de alternativas. Además, el volumen de agua pluvial que no es filtrado al suelo ha crecido enormemente con la urbanización de las cuencas, a tal grado que, actualmente desaprovecha más agua pluvial de la misma que la que se logra recargar en sus principales acuíferos.

Las zonas rurales no están exentas a este problema, si bien no cuentan con áreas pavimentadas que impidan la filtración en la mayoría de los casos no se cuenta con los recursos suficientes para tener acceso a este recurso.

En la comunidad de San Lorenzo Toxico se identificó un conflicto con el suministro de agua potable para los habitantes de la manzana ocho.

La gestión del agua de lluvia en el interior de las cuencas hoy día requiere contar con un sistema amplio para captar las lluvias más intensas que suelen presentarse entre mayo y octubre.

De ahí que se hace necesaria la aplicación de tecnologías alternativas que han sido usadas con anterioridad en diferentes localidades del país y que estas generen beneficios tanto para la población como para el ambiente, primero a corto plazo y posteriormente en un periodo más amplio, buscando que el mismo proyecto sea sustentable.

En la comunidad de San Lorenzo Toxico se identificó la problemática asociada a la falta de agua potable por la interrupción de abasto de la misma ya que esta también es utilizada para la irrigación de parcelas agrícolas. Por esta razón se analizó en campo la opción de implementar un sistema de captación que fuera útil para los habitantes de la manzana ocho y sirviera para el abasto durante la temporada de estiaje.

Se pretendía captar el agua de lluvia en un punto único como con el que actualmente cuenta la comunidad para facilitar la distribución del recurso, sin embargo se encontró que la capacidad del depósito donde se almacena el agua no era suficiente para el abasto a todos los habitantes ya que el periodo de interrupción de suministro llega a prolongarse en ocasiones hasta cinco meses, por consecuencia se optó por el diseño y propuesta de un sistema de captación individual o compartido dependiendo del número de personas en cada familia, esto garantiza un mayor abasto y una menor inversión ya que al no contar con el servicio los habitantes se ven obligados a abastecerse con pipas a lo largo de los meses que en los que no se cuenta con el recurso.

En esta investigación se trabajaron dos muestras diferentes: agua de lluvia y agua potable. A su vez se hizo el análisis químico de ambas muestras con el objetivo de conocer la calidad que había entre una y otra e identificar así la viabilidad que tenía el proyecto para incorporar el agua de lluvia en la red de agua de la comunidad.

Los resultados de esta investigación pretenden extenderse a la población de la comunidad de San Lorenzo Toxico ubicados dentro de la manzana ocho a fin de hacer de su conocimiento el trabajo realizado, así como la posible opción de un proyecto que permita el desarrollo sustentable de modo que el abasto de agua no sea una problemática frecuente para la comunidad y les permita entonces mejorar sus opciones ante el problema que se tiene por el suministro deficiente de este recurso.

## INTRODUCCIÓN

Uno de los problemas que más aqueja a la población en relación a los recursos naturales es la escasez de agua potable que no solo se presenta en México sino en varios lugares del mundo.

El siglo XXI ha sido llamado el “Siglo del Agua”, esto porque la crisis mundial asociada a este recurso alcanza niveles alarmantes que, de continuar el ritmo de explotación actual, en 2025 la mitad de la población mundial, más de tres mil millones de personas sufrirán de escasez de agua. *(Martínez, 2009)*

El agua es un recurso natural vital e indispensable para la existencia de toda la vida en nuestro planeta, incluyendo a los seres humanos cuyos organismos consisten en cerca de 70% de agua. En términos cuantitativos, se encuentra de manera abundante en el planeta, ocupando, entre océanos, ríos, lagos y agua del subsuelo, hasta 75% de la superficie terrestre (cerca de 380 millones de km<sup>2</sup>), e incluso hasta 83% en invierno en el hemisferio norte. Sin embargo, en términos volumétricos, toda el agua en el planeta sería sólo una película muy delgada extendida en su superficie y de la cual únicamente 2.53% es agua dulce, considerada apta para el consumo humano, y la demás es agua del mar, salada. *(Lezama, 2010)*

La distribución de esta agua dulce es la siguiente: un 0.3% se encuentra en lagos y ríos, un 30.8% se encuentra subterránea, en embalses y en forma de escarcha, y finalmente el resto, un 68.9%, en glaciares y nieve permanente. *(UNESCO, 2002)*

De todos los recursos renovables disponibles en el planeta, el agua dulce es el más importante. La parte aprovechable de estas fuentes para consumo humano es aproximadamente el 1% del total de agua dulce y sólo un 0.01% del agua total del planeta.

Por consiguiente se destaca que el planeta Tierra ha venido perdiendo el equilibrio entre la cantidad de agua utilizable y la demanda incidiendo en el equilibrio de los ecosistemas y nuestra capacidad de coexistir con la naturaleza.

Más allá del impacto del crecimiento mismo de la población, la demanda de agua dulce y especialmente la que se refiere al agua potable ha estado aumentando en respuesta al desarrollo industrial, la dependencia creciente en la agricultura de riego y la urbanización masiva, entre otros.

El desequilibrio entre el volumen del agua utilizable disponible y la demanda para la misma no sólo ha llevado a escasez de agua sino también a otros serios problemas vinculados con el agua. Ya que como lo reporta Phillips (2001) uno de los más graves problemas es que de tres a cuatro millones de personas mueren cada año a causa de enfermedades ocasionadas por la falta de agua potable, cada ocho segundos muere un niño por alguna enfermedad relacionada con el agua no apta para el consumo y debido a las malas condiciones de saneamiento e higiene; además la disminución de las reservas de aguas subterráneas, la contaminación de las aguas y el deterioro general de los recursos hídricos llevando a la disminución de la diversidad de especies vinculadas con el agua y un aumento en el número de especies en grave peligro de extinción alrededor del mundo.

El suministro de agua dulce al que la humanidad tiene acceso se está viendo reducido a raíz de creciente contaminación de los diversos cuerpos de agua de donde se obtiene este recurso, llama la atención como una gran variedad de ríos y lagos se han transformado en receptáculos de una alta variedad de desechos generalmente tóxicos, esto se hace muy evidente en cuerpos de agua como el Rio Lerma que se ubica en el valle de Toluca y representa un claro ejemplo de este conflicto.

El resultado de encontrarse entre suministros de agua limitados y cada vez más contaminados por una parte y la alta demanda resultado del crecimiento demográfico y el desarrollo por otra, hacen que muchos países en desarrollo enfrenten difíciles decisiones (Crossette, 1995). La insuficiencia de agua dulce probablemente sea uno de los principales factores que afectan el desarrollo económico en los decenios venideros, advierte el Banco Mundial.

Por tal motivo el presente trabajo de tesis atendiendo a la escasez del recurso agua en la comunidad rural de San Lorenzo Toxico pretende obtener una alternativa para un sistema de captación de agua de lluvia basado en la calidad que esta misma presenta, por lo que la presente investigación ha sido abordada a través de seis capítulos.

El proyecto de investigación tiene como primera fase la estructuración de un protocolo donde se plantean los objetivos y la hipótesis, además de esto se realiza el planteamiento del problema que a su vez sirve para sustentar la justificación y poder responder al por qué se realiza la investigación y además porque se eligió esta zona.

En la segunda fase de la investigación se procede con la investigación documental tanto en libros, revistas, artículos de internet y publicaciones de instancias gubernamentales como la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) o la Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), con el propósito de identificar algunos antecedentes de apoyo en la investigación, así como a la construcción del marco teórico a partir de documentos como la Ley de Aguas Nacionales y del Estado de México donde se da a conocer la normatividad que rige en materia de calidad del agua con el fin de reforzar la investigación.

Además de eso se realiza la contextualización del área de estudio para conocer la ubicación, el contexto social como económico. Aunado a esto se lleva a cabo una memoria fotográfica, para hacer una descripción de ciertas condiciones físicas del lugar e identificar la problemática y desde cuándo es que se suscita ésta.

Como siguiente paso se da la visita a campo en la tercera fase, esto para conocer las condiciones del lugar. La gravedad de la problemática y las necesidades que generan en la población de la comunidad, surgen a partir de la vivencia del autor de este trabajo y de su familia tanto nuclear como extendida, quienes han vivido por más de cincuenta años en este lugar. En esta fase se hace también la recolección de las muestras de agua de lluvia en la zona cuidando en cada momento que éstas se mantengan sin alteraciones por elementos externos para que esto no arroje falsos datos en los análisis de la misma.

Una vez colectadas las muestras se prosigue con la cuarta fase, donde se hacen los análisis en el laboratorio. Los análisis se hacen tomando en cuenta dos muestras diferentes: una de agua de lluvia y otra de agua potable del lugar, con la finalidad de hacer un comparativo entre la calidad de una y de otra. Estos análisis fueron hechos por el Laboratorio de Química de la Universidad Autónoma del Estado de México certificado por la Entidad Mexicana de Acreditación (EMA) para determinar la calidad del agua.

El siguiente paso fue realizar la elección de un sistema de captación adecuado que se adapte a las condiciones del lugar, es decir, que no tenga problemas para ser adoptados por parte de los habitantes. Se toma en cuenta que el sistema de captación no tiene que ser muy costoso pues los ingresos económicos de los habitantes son limitados, por lo que no se puede hacer una gran inversión en el sistema por parte de ellos.

El sistema además de todo debe ser más personalizado dado que la infraestructura hidráulica de la manzana no es muy buena y no sirve para abastecer a toda la población.

Como última fase de la investigación se realiza el análisis e interpretación de los datos que se han ido recabando. Con esto se hace a su vez una serie de conclusiones y recomendaciones que se pretende exponer a los habitantes de la comunidad para que sean ellos quienes tomen la decisión de implementar o no el sistema en sus hogares.

# **CAPITULO I**

## **ESQUEMA DE LA INVESTIGACIÓN**





## **1.1 Justificación:**

La disponibilidad de agua en las comunidades rurales es un problema que ha tomado importancia en los últimos años tal como lo menciona Anaya, 2010, en gran parte porque para los gobiernos es más prioritario abastecer a las zonas urbanas que a las comunidades rurales dispersas. La comunidad de San Lorenzo Toxico ubicada en el municipio de Ixtlahuaca en el Estado de México, cuenta con algunos pozos (profundos) que distribuyen agua a las diferentes manzanas que la conforman, sin embargo, las manzanas más alejadas del centro de la comunidad no cuentan con los servicios brindados por estos pozos que distribuyen el agua potable, siendo el caso de la manzana número 8, la cual tiene que obtener este servicio de un pozo profundo que además no se encuentra dentro del municipio de Ixtlahuaca, sino que proviene de un pozo ubicado en el poblado de San Agustín Citlali, localizado en el municipio de Almoloya de Juárez.

Cabe hacer mención que el pozo de donde se abastece a la manzana 8, además de distribuir agua potable para consumo humano, también destina gran cantidad para el riego, por esta razón el suministro en la manzana se ve interrumpido durante el periodo de riego de las parcelas para los cultivos, que ocasiona la falta del recurso entre los meses de febrero al mes de abril (aproximadamente tres meses).

Por lo cual el presente trabajo busca identificar la viabilidad que existe en la comunidad para la captación y uso de agua pluvial, así como la identificación del mecanismo de captación más apropiado para sugerir su implementación de acuerdo a las condiciones naturales y socioculturales que existen en el lugar, a fin de contribuir a la solución de las necesidades generadas en la población de la manzana por falta de agua potable.

Si bien existen varios trabajos sobre captación de agua de lluvia para el consumo humano como por ejemplo el realizado recientemente por el Centro Internacional de Demostración y Capacitación en Aprovechamiento de Agua de Lluvia, (CIDECALLI) en la región mazahua de San Felipe del Progreso que comenzó en el año 2006 como

lo reporta el diario Reforma en Marzo del 2013 y que ha tenido bastante éxito, las condiciones son diferentes por lo que se requiere un estudio enfocado a un nivel local de la comunidad de San Lorenzo Toxico.

## **1.2. Contribución de la propuesta**

El diagnóstico de la viabilidad de uso y de recolección de agua pluvial pudiera proveer de una respuesta a la problemática de desabasto de agua en la manzana 8 de la comunidad de San Lorenzo Toxico durante el periodo de sequía en el que el agua del pozo de abastecimiento proveniente del municipio de Almoloya de Juárez se ocupa en la superficie agrícola de riego que antecede a la zona de estudio, o en su caso disminuir la demanda de agua en el periodo de estiaje donde no se presenta el suministro.

## **1.3 Objetivos**

### **1.3.1 General**

Establecer la viabilidad que existe para la utilización del agua de lluvia para fines domésticos, así como el de la implementación de un sistema de captación de agua pluvial, para su uso en la época de sequía.

### **1.3.2 Específicos**

- Diagnosticar la calidad del agua de lluvia.
- Identificar el uso que se le da al agua pluvial en la zona de estudio.
- Obtener una alternativa de uso del agua pluvial.
- Conocer y analizar los índices de precipitación en la zona.
- Identificar y sugerir la metodología de captación de agua de lluvia más adecuada para la posible implementación en el lugar.

## **1.4 Hipótesis**

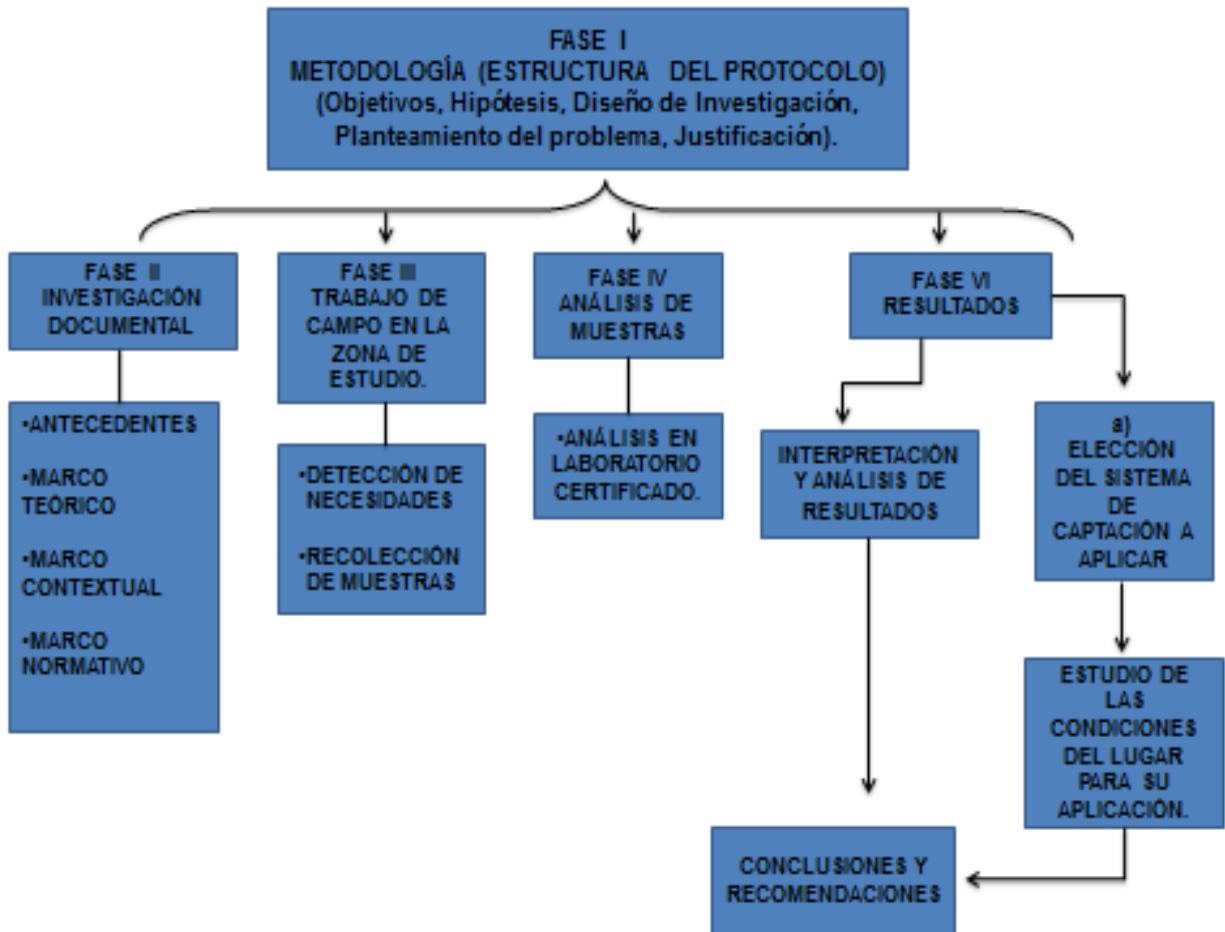
Se espera que la calidad del agua de lluvia se encuentre dentro de los parámetros permisibles con base a la norma y resulte viable su incorporación a un sistema de captación de abastecimiento de agua potable.

Como segunda hipótesis se tiene que, con base a las características del relieve de la manzana 8, es posible establecer un punto de captación único para el abastecimiento de la manzana.

## **1.5 Metodología**

Toda investigación debe ser respaldada por un modelo metodológico, puesto que este es considerado como la base de la misma. Por consiguiente en este apartado se describe el proceso realizado en la investigación.

Figura 1.1 Esquema metodológico.



Fuente: Elaborado por Martínez, en base a Sampieri, 1997.

El proyecto de investigación tuvo como primera fase la estructuración de un protocolo donde se plantearon los objetivos y la hipótesis, además de esto se realizó el planteamiento del problema que a su vez sirvió para sustentar la justificación y poder responder al porqué se realizaba la investigación y además porque se eligió esta zona. Esta fase fue la base en si del proyecto debido a que es donde se delimitaron los alcances de la investigación.

En la segunda fase de la investigación se procedió con la investigación documental tanto en libros, revistas, artículos de internet y publicaciones de instancias gubernamentales, esto con el propósito de identificar algunos antecedentes que

sirvieran de apoyo en la investigación, así como a la construcción del marco teórico a partir de documentos como la ley de aguas nacionales y del Estado de México donde además se identificó la normatividad que rige en materia de calidad del agua con el fin de reforzar la investigación. Además de eso se realizó la contextualización del área de estudio para conocer la ubicación y darse una idea tanto de su contexto social, natural y económico. Aunado a esto se llevó a cabo una memoria fotográfica para hacer una descripción de ciertas condiciones del lugar e identificar la problemática y desde cuándo es que esta se presenta.

Como siguiente paso se dio la visita a campo en la tercera fase, esto para conocer las condiciones del lugar. La gravedad de la problemática y las necesidades que esta genera en la población de la comunidad surgen a partir de la vivencia del autor de este trabajo y de su familia tanto nuclear como extendida quienes han vivido por más de cincuenta años en este lugar. Para el trabajo de investigación se llevaron a cabo tres visitas a campo en conjunto con la Directora del proyecto, en la primer visita se hizo el reconocimiento de la zona de estudio, posteriormente en la segunda visita se contó con el apoyo de un arquitecto con la finalidad de que su conocimiento fuera de utilidad para establecer un sistema de captación adecuado a las condiciones de la comunidad, por último en la tercer visita se llevó a cabo un foro de consulta con los habitantes de la manzana para conocer sus necesidades y darles a conocer el proyecto que se estaba realizando, motivándolos a ser parte del mismo.

En esta fase se hizo también la recolección de las muestras de agua de lluvia en la zona cuidando en cada momento que estas se mantengan sin alteraciones por elementos externos para que esto no arroje falsos datos en los análisis de la misma.

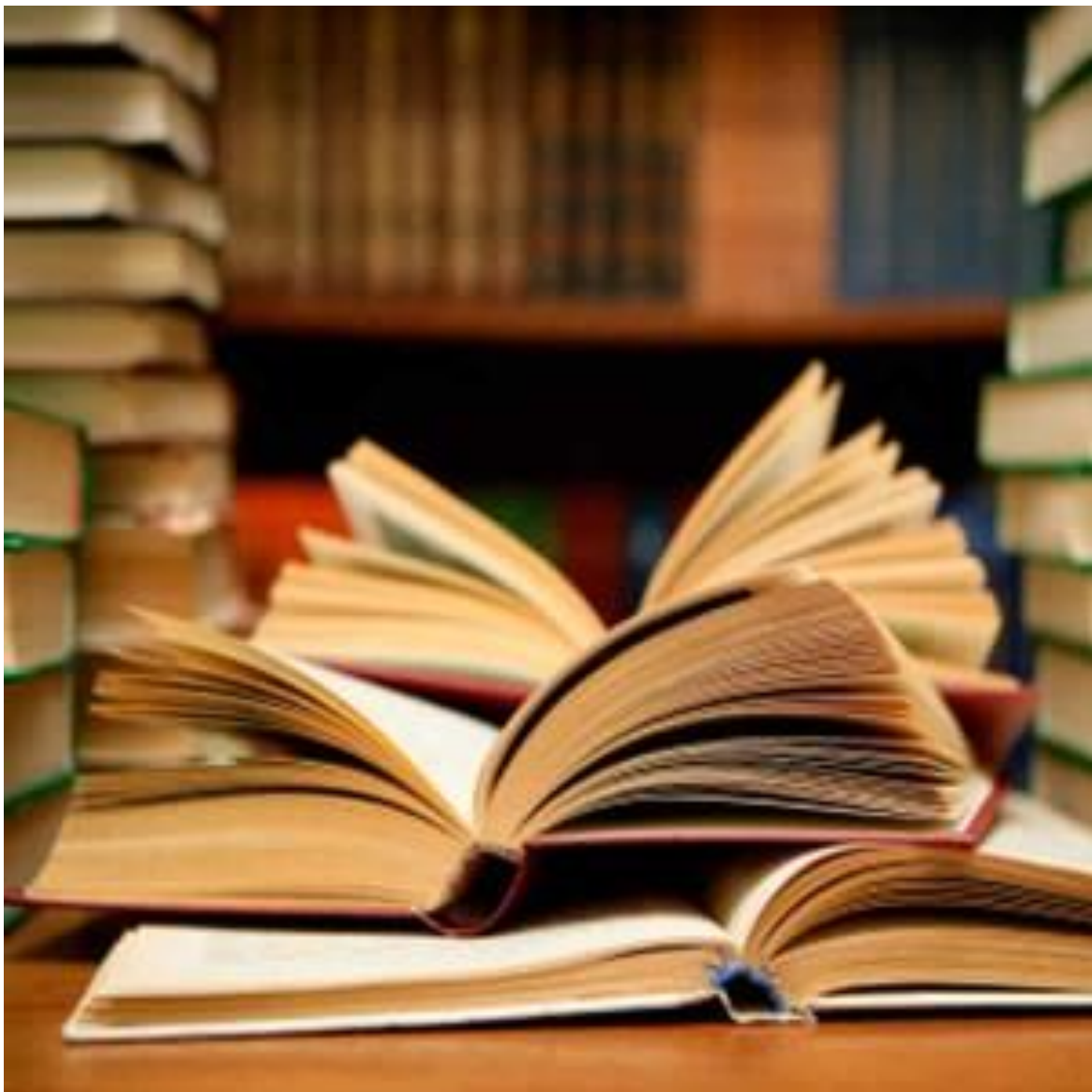
Una vez colectadas las muestras se prosiguió con el siguiente paso, que fue análisis en el laboratorio. Los análisis se hicieron tomando en cuenta dos muestras diferentes: de agua de lluvia y del agua potable del lugar, con la finalidad de hacer un comparativo entre la calidad de una y de otra. Estos análisis se realizaron por parte del laboratorio de Química de la Universidad Autónoma del Estado de México certificado por la EMA para determinar la calidad del agua.

El siguiente paso que se dio fue el de la elección de un sistema de captación adecuado que se adaptara a las condiciones del lugar. Se tomó en cuenta que el sistema de captación no fuera muy costoso pues los ingresos económicos de los habitantes no son muy elevados por lo que no se puede hacer una gran inversión en el sistema por parte de ellos.

El sistema además de todo debe de ser más personalizado debido a que la infraestructura hidráulica de la manzana no es de las más óptimas y no es de utilidad para abastecer a toda la población, por lo que se optó en la construcción de un sistema por cada casa habitación.

Como última fase de la investigación se realizó el análisis e interpretación de los datos que se fueron recabando. Con esto se hizo a su vez una serie de conclusiones y recomendaciones que se pretende exponer a los habitantes de la comunidad para que sean ellos quienes tomen la decisión de implementar o no el sistema en sus hogares.

## **CAPITULO II MARCO TEÓRICO**



Se habla de escasez de agua cuando se desaprovecha gran cantidad de ésta, un buen ejemplo son las aguas pluviales que se mezclan con aguas residuales y que finalmente no tienen un uso en las actividades domésticas básicas, a menos de que sean tratadas lo que incrementa el costo de tener acceso a ellas.

Una de las soluciones para hacer frente a la escasez de agua potable se refiere al aprovechamiento eficiente de la precipitación pluvial, es decir, el agua de lluvia. A pesar de que existen técnicas sobre captación y aprovechamiento del agua de lluvias generadas hace más de 4,000 años, éstas no se aplican en forma masiva, lo cual conlleva a la reflexión de que no se ha rescatado y aplicado el conocimiento tradicional. Cerca de 1,600 millones de habitantes en el mundo carecen de acceso al agua entubada, una de las metas del milenio se refiere a resolver este creciente problema; sin embargo, a la fecha no se encuentran soluciones adecuadas y rápidas. *(Phillips, 2005)*

Lo anterior indica la urgente necesidad de considerar al agua de lluvia como una solución para hacer frente al abastecimiento de agua a nivel de familia y a nivel de comunidad, rescatando los conocimientos adquiridos por generaciones pasadas para contribuir a la solución de dicha problemática.

Los sistemas de captación y aprovechamiento del agua de lluvia para uso doméstico y consumo humano a nivel de familia y comunitario representan una solución para abastecer en cantidad y calidad a las numerosas poblaciones rurales, periurbanas y urbanas que sufren la carencia de este vital líquido o que tienen deficiencia en el suministro como es el caso de la zona donde se está desarrollando la investigación.

Para tener una mejor visión en cuanto a lo que este tema representa es necesario abordar conceptos que serán de utilidad para tener una mejor perspectiva en cuanto a la problemática que se tiene por objeto de estudio, por ello es importante integrar conceptos que aunque pudieran ser muy básicos es necesario tenerlos muy presentes.



## 2.1 El agua

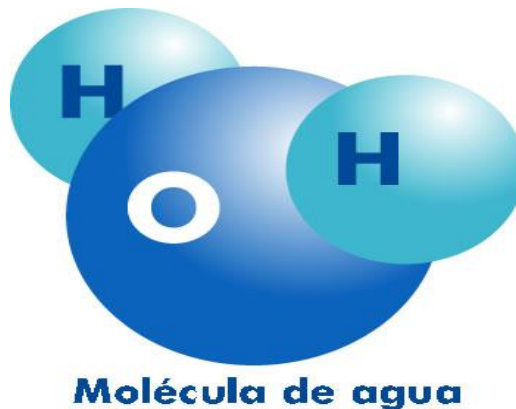
Se entiende como agua al recurso de mayor abundancia en el planeta y como el elemento vital para la subsistencia y el desarrollo de la vida en el planeta. Como bien económico, el agua es entendida como el recurso que, en la medida de su presencia y a través de un uso racional y consumo equitativo, permite el desarrollo de los pueblos. A mayor agua y cultura del agua, mayor bienestar y desarrollo; por el contrario, entre mayores sean las distancias, menores serán los caudales, inferiores los porcentajes de disponibilidad y mayores los excesos, abusos y retos por mantener el orden, la paz y el rumbo del desarrollo.

Desde que el hombre comenzó a vivir en sociedad, el agua y la tierra han definido el rumbo de su desarrollo ya que se ha comprobado en casi todas las civilizaciones donde había agua en abundancia los asentamientos humanos eran más numerosos y prósperos, además contaban con muchas posibilidades de crecer. A lo largo de la historia de la humanidad, el vital líquido ha sido el elemento que facilita la permanencia del hombre en el planeta, renovándose en cada ciclo pero cada vez con más complicaciones y limitaciones por el modo como nuestra especie deteriora el entorno que nos mantiene vivos.

## 2.2 Composición del agua

El agua está formada por moléculas de hidrógeno y oxígeno,  $H_2O$ . El hidrógeno, de símbolo H, es un elemento gaseoso reactivo, insípido, incoloro e inodoro. Su número atómico es 1 y pertenece al grupo 1 o (IA) de la tabla periódica. El oxígeno, de símbolo O, es un elemento gaseoso ligeramente magnético, incoloro, inodoro e insípido.

Figura 2.1. Molecula de agua



Fuente: <http://web.usal.es/javisan/hidro>.

El agua tiene una estructura molecular que es dipolar, con una constante dieléctrica muy alta superior a cualquier otro líquido. Algunos de estos se utilizan en el control de los procesos de tratamiento realizando mediciones de forma continua o discreta.

## 2.3 El agua como recurso renovable

Los recursos de agua renovable de una región o país se refieren a la cantidad de agua máxima que es factible explotar anualmente, es decir, la cantidad de agua que es renovada por la lluvia y por el agua proveniente de otras regiones o países. El agua renovable se calcula como el escurrimiento natural medio superficial interno anual, más la recarga total anual de los acuíferos, más las importaciones de agua de otras regiones o países, menos las exportaciones de agua a otras regiones o países.

En el caso de México, para el escurrimiento natural medio superficial interno anual y la recarga de los acuíferos se utilizan los valores medios determinados a partir de los estudios que se hayan hecho en la región. La cantidad de agua renovable anual dividida por el número de habitantes en la región o país da como resultado el agua renovable *per cápita*. Se considera que un país o región vive en estado de estrés hídrico si su agua renovable es de 1 700 m<sup>3</sup>/hab/año o menos. (Gleick, 2002)

## **2.4 El ciclo del agua o ciclo hidrológico.**

El ciclo hidrológico se refiere al movimiento y circulación natural que el agua tiene en toda la tierra y su atmósfera. Este movimiento se da por medio de distintos fenómenos que hacen circular el agua, subiéndola desde el mar hasta la atmósfera y regresándola por las lluvias hacia la tierra y a los mismos océanos. El ciclo no tiene principio ni fin, pero se puede decir que el concepto de ciclo hidrológico se origina en el agua de los océanos. Por ser un ciclo tiene distintas fases, ya que tiene un movimiento continuo, el cual consiste en la evaporación, la transportación, la precipitación, y la infiltración que experimentan sucesivas transformaciones en sus diferentes estados de la materia ya sea sólida, líquida o gaseosa.

Dentro del ciclo hidrológico un gran porcentaje se evapora en los océanos, solo el 16% proviene de la superficie de la tierra, lagos, corrientes y la transpiración de las plantas; gran parte de esta cae nuevamente en los océanos ya que solamente el 24% de esta cae sobre la superficie terrestre. Se puede notar que el porcentaje que cae en la superficie es mayor al que se evapora, sin embargo, hay que tomar en cuenta que esta diferencia del 8% no permanece mucho tiempo sobre la superficie de la tierra, esto se debe a que esta prontamente alcanza las corrientes y ríos que variando en unas cuantas horas o semanas llega nuevamente a los océanos. (Aguilar, 2009)

Figura 2.2. Ciclo del agua.



Fuente: U.S. Geological Survey (USGS)

## 2.5 Agua potable

Originalmente se conoce al agua potable como aquella que está destinada para el consumo humano tanto para beber como para realizar actividades de carácter doméstico e inclusive agrícola como el riego. En otras palabras se denomina agua potable o agua para consumo humano, el agua que puede ser consumida sin restricción. El término se aplica al agua que cumple con las normas de calidad promulgadas por las autoridades locales e internacionales.

Se entiende por agua potable la que es apta para beber y para los demás usos domésticos. Debe ser límpida e inodora, fresca y agradable. Debe contener algunos gases, especialmente aire y sales disueltas en pequeñas cantidades. No debe poseer materias orgánicas, gérmenes patógenos ni sustancias químicas. (Rodríguez, 2011)

El agua potable tiene dos orígenes desde los cuales se suministra a las poblaciones: uno es de las aguas superficiales, como los ríos, lagos y embalses y el otro es de las aguas subterráneas.

En ambos casos, el agua aún no está completamente limpia para poder ser consumida. Por esta razón se necesita eliminar los posibles contaminantes, para ello se le añade sustancias denominadas coagulantes que van a reaccionar en el agua, produciendo la coagulación de las partículas contaminantes que van a irse al fondo. Además, se le añaden desinfectantes, para eliminar las bacterias y gérmenes que pueden ser dañinos para nuestro organismo, posteriormente se filtra quedando limpia y potable para su consumo.

Las aguas subterráneas, que contienen un menor número de materias orgánicas que las de superficie, no suelen necesitar tanto tratamiento, aunque esto siempre dependerá de la calidad de las mismas.

Se cree que el agua potable debe ser incolora, inodora e insípida, pero en la realidad esto no se presenta así, esto porque hay una gran diferencia entre el agua procedente de un grifo con la que se puede obtener de una fuente natural. Su color, olor y sabor son muy diferentes. Al igual pasa cuando el agua proviene de distintas zonas geográficas. En este caso, puede afectar a nuestro organismo aunque sea agua potable, ya que puede tener microorganismos a los que nuestro cuerpo no esté acostumbrado y necesite unos días de adaptación. *(Rodríguez, 2011)*

## **2.6 Usos del agua**

El volumen total concesionado a finales de 2008 para los diferentes usos ascendía a cerca de 202 Km<sup>3</sup>. Poco más del 39% del volumen total concesionado en 2008 (79,8 km<sup>3</sup>) correspondía a los usos consuntivos (agrícola, abastecimiento público, industria autoabastecida y planta termoeléctricas). El resto del volumen concesionado se refiere a la generación de energía hidroeléctrica. El 44,3% de los volúmenes concesionados para usos consuntivos se concentran en tres regiones hidrológico-

administrativas, a saber: III Pacífico Norte, IV Balsas y VIII Lerma Santiago-Pacífico (CONAGUA, 2010).

El 63% del agua utilizada en el país para uso consuntivo proviene de fuentes superficiales (ríos, arroyos y lagos), mientras que el 37% restante proviene de fuentes subterráneas (acuíferos). El 77% del uso consuntivo se destina a la agricultura y el 14% al uso público urbano.

Tabla 2.1. Usos de agua

No	Región Hidrológico Administrativa	Volumen total concesionado	Agrícola <sup>a</sup>	Abastecimiento público <sup>b</sup>	Industria autoabastecida sin termoeléctricas <sup>c</sup>	Termoeléctricas <sup>d</sup>
I	Península de Baja California	3 510.3	2 892.7	327.5	91.1	199.0
II	Noroeste	7 608.8	6 526.8	983.6	91.4	7.0
III	Pacífico Norte	10 439.0	9 741.7	639.3	58.0	0.0
IV	Balsas	10 702.6	6 307.7	997.5	227.1	3 170.2
V	Pacífico Sur	1 351.5	1 000.0	333.1	18.4	0.0
VI	Río Bravo	9 234.3	7 735.1	1 182.5	205.0	111.6
VII	Cuencas Centrales del Norte	3 832.5	3 371.8	371.1	61.2	28.3
VIII	Lerma Santiago Pacífico	14 162.0	11 668.6	2 057.5	411.4	24.5
IX	Golfo Norte	4 746.8	3 688.0	526.6	466.6	65.6
X	Golfo Centro	4 956.6	2 960.0	744.0	875.7	377.0
XI	Frontera Sur	2 190.1	1 630.5	456.9	102.7	0.0
XII	Península de Yucatán	2 368.2	1 443.3	471.0	444.5	9.4
XIII	Valle de México	4 649.6	2 248.7	2 106.8	211.5	82.6
TOTAL NACIONAL		79 752.3	61 214.9	11 197.5	3 264.6	4 075.2

Fuente: CONAGUA (2010).

Un severo problema que se tiene en la distribución del agua para los diferentes usos es que el abasto de ésta se sustenta fuertemente en la explotación de acuíferos.

El 36% de los derechos de agua vigentes corresponden a fuentes subterráneas, mientras que estas fuentes representan solamente el 17% de los recursos hídricos disponibles. El 62% del abasto de agua a los centros de población, incluidos los principales centros urbanos del país, depende de las fuentes de aguas subterráneas

en acuíferos que enfrentan serios problemas de sobreexplotación. (CONAGUA, 2010).

Lo anterior indica que México, un país aparentemente rico en recursos hídricos, enfrenta problemas de escasez y competencia por el uso del agua en dos terceras partes de su territorio, además dichos problemas se agravan por la contaminación que generan los distintos usos en cuencas y acuíferos sujetos a fuertes presiones.

Los valores de la intensidad de uso reflejan con mayor detalle la problemática que deriva de la distribución de la población y su actividad económica vis a vis la distribución de los recursos hídricos.

## **2.7 Captación de agua de lluvia para consumo humano**

La captación de agua de lluvia es un medio para obtener agua para consumo humano y/o uso agrícola. En muchos lugares del mundo con alta o media precipitación y en donde no se dispone de agua en cantidad y calidad necesaria para consumo humano, se recurre al agua de lluvia como fuente de abastecimiento. En la captación de agua de lluvia para fines domésticos se acostumbra a utilizar la superficie de techo como captación, conocido este modelo como SCAPT (sistema de captación de agua pluvial en techos). Este modelo tiene un beneficio adicional y es que además de su ubicación minimiza la contaminación del agua.

Adicionalmente, los excedentes de agua pueden ser empleados en pequeñas áreas verdes para la producción de algunos alimentos que puedan complementar su dieta. (OMS, 2001).

Cuando se propone un diseño de captación de agua de lluvia es necesario que siempre se consideren los factores técnicos, económicos y sociales pues son estos quienes determinaran la viabilidad de su aplicación.

A lo largo del tiempo se han ido presentado mitos, leyendas y argumentos en pro y en contra del aprovechamiento de la lluvia, por ejemplo los individuos se protegen de la lluvia cuando las condiciones del tiempo son muy extremas. El agua llovida corre

por las calles pavimentadas lo que genera congestión vehicular, inundaciones y escorrentías que se mezclan con las aguas residuales al escurrir por el alcantarillado de las zonas urbanas. Las aguas residuales van a parar a colectores combinados, mezclando inútilmente dos calidades de agua, que juntas van desapareciendo en los ríos y finalmente son depositadas en el mar. Las lluvias huracanadas, los ciclones y fuerzas destructoras de la naturaleza, son también realidades que afectan grandes extensiones territoriales. Estos desastres inevitables exigen prever las dificultades de acceso al agua potable durante y después del evento.

Por otro lado, la sensibilidad hacia la sostenibilidad urbana busca que el consumidor de agua cuestione de dónde proviene, cómo se trata en la fuente, cómo se distribuye y cuál es su destino final. Paga por un servicio público que tiene amplia cobertura, garantiza la calidad evitando enfermedades gastrointestinales y se espera que el suministro sea de forma permanente.

Los sistemas de acueducto convencionales, con sus redes subterráneas e invisibles, proveen agua de presas cada vez más distantes de los centros urbanos, afectando cuencas y ecosistemas rurales. Esta forma de consumo del agua es insostenible.

Para avanzar en este marco, se requiere unir esfuerzos de muchos actores y disciplinas para así generar nuevos conocimientos interdisciplinarios y bases teóricas que sirvan para evaluar las opciones de sostenibilidad del agua en la ciudad y en comunidades rurales que muestran eficiencia de este recurso.

## **2.8 El agua, su situación actual**

Los sistemas de aprovechamiento de agua lluvia son el resultado de las necesidades (demanda), recursos disponibles (precipitación, dinero para invertir y materiales de construcción), y las condiciones ambientales en cada región. Sólo cuando no existe red de agua potable, el suministro es deficiente o el agua tiene un costo muy alto, se piensa en buscar sistemas alternativos de abastecimiento, por ello la documentación sobre sistemas de aprovechamiento de aguas lluvias, se limita a las acciones



realizadas en las últimas décadas en zonas del planeta con las deficiencias mencionadas anteriormente. *(Pessoa, 2006)*

Existen grandes reticencias e intereses económicos que frenan la promoción del uso de un bien público como es el agua pluvial. La rentabilidad económica de las empresas de servicios y las ganancias del sector multinacional que maneja los acueductos urbanos, no han manifestado mayor interés en auto-generar competencia aceptando usos complementarios con agua gratuita, de libre acceso y sin costo para el consumidor. La promoción de comportamientos de ahorro y reciclaje del agua se hace con referencia al agua entubada, con miras a limitar el consumo pero no a reducir significativamente el residuo de líquidos para llegar a cero-desechos. Esta sería la meta ideal para la sostenibilidad, respetuosa del ciclo hidrológico. *(Pacheco, 2008)*

Los avances en la gestión del agua lluvia son poco alentadores a pesar de la crítica situación del agua en muchas ciudades. El cambio hacia el paradigma de la autosuficiencia de agua incluye necesariamente opciones que estimulen la ética del consumidor y la responsabilidad de la ciudadanía en el manejo de los recursos naturales y en la adaptación al cambio climático.

## **2.9 Los recursos hídricos en México.**

La precipitación media anual en México equivale a una lámina de 759,6 mm. El 72,5% de la lluvia se regresa a la atmósfera por evapotranspiración, el 25,4% escurre por los ríos o arroyos y el 2,1% restante se infiltra al subsuelo y recarga los acuíferos. De este modo, el país cuenta cada año con 458 mil millones de metros cúbicos de agua dulce renovable, a lo que se denomina disponibilidad natural media. *(Aguilar, 2010)*

Como consecuencia directa del crecimiento poblacional, la disponibilidad natural media per cápita, que resulta de dividir el valor de la disponibilidad media anual nacional entre el número de habitantes, ha disminuido de 17.742 m<sup>3</sup>/hab/año en 1950, a tan sólo 4.312 m<sup>3</sup>/hab/año en el 2007. Se estima que hacia el año 2025 la

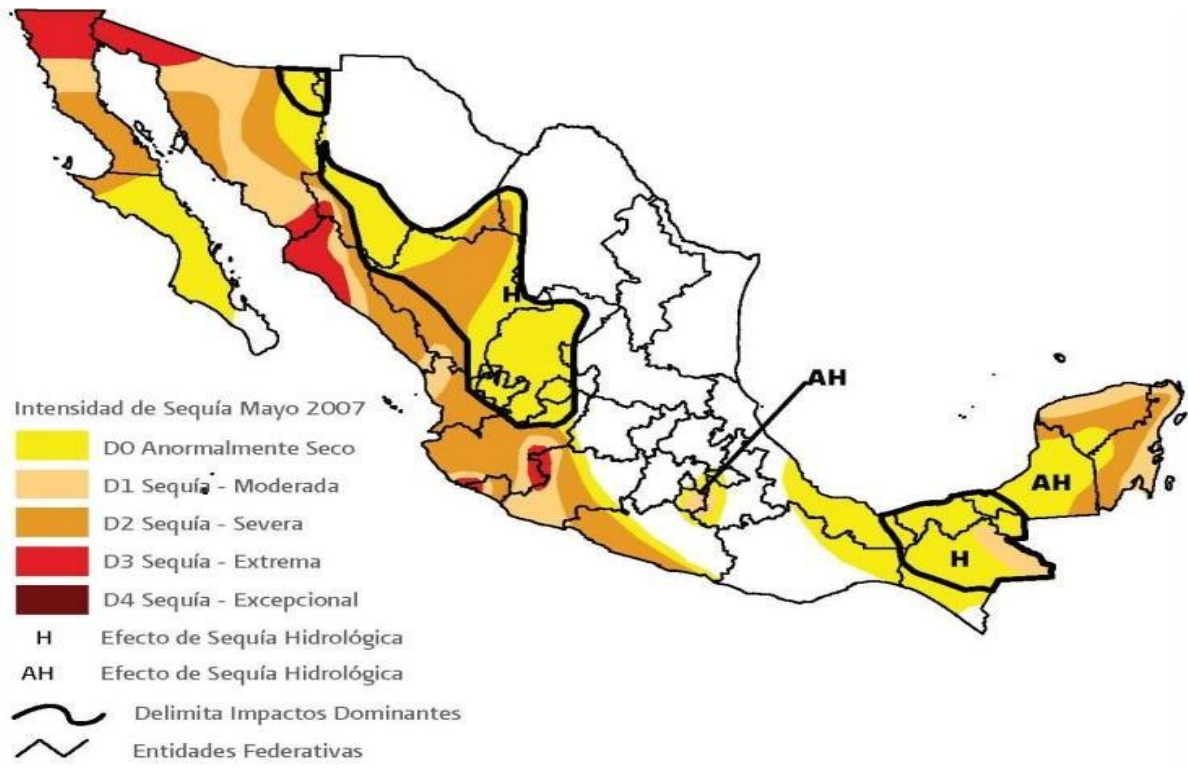
disponibilidad per cápita disminuirá otro 15%, para quedar en alrededor de 3.800 m<sup>3</sup>/hab/año. (Aguilar, 2010)

La disponibilidad natural de agua varía de región a región, desde las regiones áridas y semiáridas en el norte y noroeste del país hasta las regiones con una gran riqueza hídrica en el sur y sureste del territorio. Los valores medios de disponibilidad natural y disponibilidad per cápita se ven afectados espacial y temporalmente por distintos factores, entre otros: a) la distribución temporal y espacial de la precipitación; b) la distribución espacial de la población y la actividad económica; y c) los posibles efectos del cambio climático, que incluyen sequías e inundaciones que se presentan con mayor frecuencia y magnitud.

Es importante mencionar que México está sujeto a la amenaza constante de sequías e inundaciones y en los últimos años estos fenómenos han ido aumentando su intensidad afectando a los diferentes estratos sociales, pero intensificándose aún más en los sectores más desprotegidos que se encuentran en las zonas rurales y que dependen en gran medida de la presencia de buenas condiciones de precipitación pues de no ser así se pone en riesgo su sustento que se basa en la producción agrícola y ganadera principalmente.

Entre 1970 y 2007, impactaron las costas de México 162 ciclones tropicales, tanto en el Océano Atlántico y Pacífico, los huracanes más intensos se han presentado en el Océano Atlántico. Al mismo tiempo, las sequías afectan una buena parte del territorio nacional. (Aguilar, 2010)

Figura 2.3. Intensidad de sequías mayo de 2007



Fuente: CONAGUA 2010.

## **CAPITULO III ANTECEDENTES**



Desde sus inicios el hombre ha aprovechado el agua superficial como primera fuente de abastecimiento, consumo y vía de transporte, por ello el valle de los ríos ha sido escogido como uno de los lugares predilectos para el establecimiento de las primeras civilizaciones, allí el hombre aprendió a domesticar los cultivos y con ello encontró la primera aplicación al agua lluvia; pero no depende directamente de ella para su supervivencia debido a la presencia permanente del agua superficial. Cuando las civilizaciones crecieron demográficamente y algunos pueblos debieron ocupar zonas áridas o semiáridas del planeta se comenzó el desarrollo de formas que promovieran la captación de agua procedente de lluvia, como alternativa para el riego de cultivos y el consumo doméstico.

Diferentes formas de captación de agua de lluvia se han utilizado tradicionalmente a través de la historia de las civilizaciones; pero estas tecnologías sólo se han comenzado a estudiar y publicar recientemente. Con base en la distribución de restos de estructuras de captación de agua de lluvia en el mundo y el continuo uso de estas obras en la historia, se puede concluir que las técnicas de captación de agua de lluvia han cumplido un papel importante en la producción agrícola y en satisfacer las necesidades domésticas, con un uso intensivo en las regiones áridas o semiáridas del planeta.

### **3.1 La captación de agua de lluvia, su pasado y actualidad**

Una variedad de prácticas ancestrales y modernas de manejo del agua lluvia destacan las dimensiones culturales de sistemas de recolección, de almacenamiento, transporte, distribución, transformación en alimento, mantenimiento y control de calidad del agua, a nivel familiar y comunitario, en áreas urbanas y rurales en varias regiones del mundo.

Las prácticas ancestrales de uso del agua de lluvia han existido a lo largo de la historia de la humanidad. Se asocian al conocimiento local del medio natural, a la periodicidad y volúmenes de precipitación durante las estaciones de lluvia, a la evaporación y temperaturas locales, al aprovechamiento de la topografía, al potencial de uso de las aguas superficiales y subterráneas, a la demanda de la población, y a

las formas de apreciar el recurso hídrico en todas sus dimensiones económicas, culturales y sociales. *(Pacheco, 2008)*

A lo largo de la historia, la humanidad se ha servido del “Acueducto Celestial” *(Avello, 2001)* para satisfacer sus necesidades básicas. En culturas del norte de la India, con gran escasez de agua superficial y estaciones cortas de lluvia, se han construido sistemas hidráulicos urbanos y rurales, aprovechando la época de lluvias. Las fortalezas y pueblos construidos para la defensa militar con sistemas de aprovisionamiento pluvial son un excelente ejemplo de planificación del recurso hídrico y conocimiento del clima y la topografía.

A través del tiempo muchas civilizaciones utilizaron los sistemas de captación de agua como una herramienta útil tanto para irrigación como para aprovechamiento en los hogares.

Sin embargo, la captación de agua de lluvia perdió importancia a partir del rápido crecimiento de las ciudades y cuando los avances tecnológicos permitieron introducir el agua por medio de tuberías al interior de los domicilios. Muchas obras históricas de captación de agua de lluvia se originaron principalmente en Europa y Asia desde que surgieron los primeros asentamientos humanos; su uso data desde hace más de 4,000 años en la antigua Mesopotamia *(Escamilla, 2010)*.

La dimensión simbólica del agua de lluvia se expresa también en las culturas precolombinas. En México las culturas precolombinas utilizaron sistemas hidráulicos sofisticados en los trazados urbanísticos de antiguas ciudades. *(Jiménez y Anaya, 2005)*.

Ejemplos piloto modernos de captación de agua de lluvia, promovidos por entidades académicas con apoyo de autoridades locales para el beneficio de la población de las comunidades con la integración de esta agua al consumo en los hogares, abundan en el Distrito Federal, Querétaro, Autlan, Morelia, Monterrey y ciudades costeras del Pacífico y Golfo de México. *(Pacheco, 2008)*

En México, particularmente en la península de Yucatán, durante la época prehispánica, los Mayas y los Toltecas aprovecharon los “Cenotes” y las cuevas de formación natural, como una herramienta que permitía captar y almacenar el agua de lluvia, Utilizaron sistemas de almacenamiento como pozos, hondonadas y depósitos subterráneos denominados Chultunes. Estos sistemas tenían dos funciones, una como cisternas para almacenar el agua de lluvia y otra como silos para guardar diversos granos alimenticios (*Anaya, 1999 y Herrera, 2010*).

### 3.1.1 Chultunes

Los Chultunes fueron trascendentes en casi todos los asentamientos prehispánicos; su construcción implicaba excavar una cisterna en forma de botellón. La captación se hacía a través de los techos y la conducción mediante canaletas de barro o piedra labrada con un área de captación de aproximadamente cinco metros de diámetro formada por un piso de aplanado de estuco el cual era una mezcla de piedra caliza cocida, cal y un pegamento orgánico extraído de un árbol endémico llamado localmente Holol en Petén; la boca y el cuello es la entrada circular por donde escurre el agua al depósito, los cuales estaban armados con piedras y recubiertos con estuco. (*Escamilla, 2010*)

Figura 3.1. (Chultún) primeros sistemas de captación de lluvia.



FUENTE: <http://uxmalyrutapuuc.blogspot.mx/>

Se han encontrado Chultunes con capacidad de almacenamiento de hasta 9,300 litros con un diámetro de 3 metros y una altura de 2 metros, con una precipitación pluvial correspondiente a Uxmal de entre 900 y 1,250 mm, esto sin tomar en cuenta pérdidas debido a la evaporación y a la filtración, se puede decir que se guardaba un litro de agua por cada metro cuadrado de área de captación, con cada milímetro de precipitación.

La forma de los Chultunes como tipo campana, botellón, amorfo y el de bóveda variaba debido a que aún dentro de una misma región, las condiciones del terreno para crearlos son diferentes. Con la llegada de los españoles en el siglo XIV, se adaptaron distintos sistemas para la obtención y almacenamiento del agua. Siglos después surgieron nuevos métodos; se propusieron y construyeron obras para el uso del agua superficial y subterránea como presas, acueductos, pozos de extracción y sistemas de irrigación.

En el último siglo y a partir de la demanda que se ha originado debido a la escasez de este recurso muchos países han llevado a cabo varios proyectos en su mayoría con gran éxito, orientados a la captación de agua pluvial para distintos usos entre los que destacan aquellos para consumo humano.

En 2006, el ingeniero Cajina presentó un proyecto que sugería alternativas de captación de agua para uso humano y productivo en la subcuenca del río Aguas Calientes que se ubica en Nicaragua. Este proyecto buscaba determinar en forma participativa alternativas de captación de agua superficial apropiadas a las características biofísicas de la subcuenca y a las condiciones socioeconómicas de las comunidades, que permitieran aprovechar de manera eficiente y sostenible el recurso hídrico.

Nicaragua, de acuerdo a su potencial, es un país con vocación y dependencia económica del desarrollo agropecuario, forestal y pesca, sectores que están estrechamente en dependencia con los recursos hídricos superficiales y subterráneos. Sumado a esto se debe señalar la creciente demanda por la disponibilidad y calidad del agua para consumo humano con el crecimiento de la



población y demanda de otros sectores de la economía nacional para uso industrial y riego (Cajina, 2006).

La metodología con enfoque participativo con la que se desarrolló esta investigación, permitió la aplicación de talleres y recorridos con los que se buscaba lograr una asociación de ideas de hombres y mujeres, de diferentes edades, para asesorarlos y que pudieran utilizar el equipo de suministro de agua, a la vez resalta como se involucró a los diferentes niveles de participantes tanto: decisores, mediante entrevistas, técnicos, comité comunales de cuenca, productores y productoras en los talleres participativos lo que facilitó la conjugación de distintas áreas de conocimiento, destacando intereses comunes entre los productores y la población restante que coinciden con la necesidad de agua para producir y para consumo humano.

Una vez culminados los talleres se dio a conocer paso a paso como se realizó cada proceso en cada una de las actividades realizadas con la comunidad hasta que se logró la meta en concreto que para este caso fue la selección de las tecnologías idóneas para la subcuenca que se pusieron a prueba mediante obras demostrativas, tomando en cuenta los beneficios y los riesgos que conlleva la implementación de estas, con el fin de resolver o ayudar a la solución de los conflictos.

Otro caso particular se presentó en México, el cual se realizó en diferentes estados de la república como San Luis Potosí, Tlaxcala, el Valle de México entre otros, con el fin de realizar microcaptaciones para uso agrícola. (Anaya, 2006) Los objetivos de la microcaptación de agua de lluvia en este estudio se enfocan a aumentar la disponibilidad de agua para las plantas, mitigar los efectos de la sequía, propiciar una producción sostenible y mejorar el entorno ecológico.

La ubicación y selección del sitio para establecer obras de microcaptación de agua de lluvia debe considerar que el suelo tenga cuando menos 70 cm de profundidad. En México se ha tenido éxito con microcaptaciones con una precipitación media anual de cuando menos 400 mm. La tecnología con la cual se maneja este sistema básicamente consiste en el desmonte de terrenos con pendiente, localizados en

regiones de escasa precipitación pluvial, en el trazo y construcción de bordos anti erosivos (terrazas) y en la delimitación de una superficie para esorrentía y otra para siembra entre los bordos anti erosivos, para hacer posible la producción agrícola y de praderas.

### **3.1.2 Cisternas de Ferrocemento**

Además de los Chultunes, actualmente se utilizan métodos de almacenamiento de lluvia más sofisticados, tal es el caso de las cisternas de ferrocemento, que se definen como un depósito impermeable construido con una membrana delgada de concreto reforzada con una malla de acero, lo que le confiere una mayor resistencia. Estas cisternas pueden construirse ya sea debajo o sobre el suelo cuidando siempre que éstas tengan una curvatura en las paredes evitando fracturas.

En la construcción de una cisterna para almacenar agua de lluvia se consideran varios aspectos: tipo de suelo, superficie de captación, precipitación pluvial, entre otras características, aunque generalmente es la condición económica lo que determina su tamaño, es decir, se hacen de acuerdo con el presupuesto y no en relación con los requerimientos de agua. Otra limitación puede ser el poco espacio disponible en el lugar donde se desee construir.

### **3.1.3 Bordos**

Otro método de captación de agua de lluvia es el que se hace por medio de los bordos, los cuales están diseñados para concentrar mayores cantidades de agua pluvial principalmente de escurrimiento superficial. Los bordos pueden ser en forma trapezoidal o semicircular dependiendo de la orografía donde estos se ubiquen.

Las ventajas de esta técnica son la simplicidad del diseño y construcción, con el mínimo mantenimiento requerido.

Los beneficios que se esperan con un bordo de almacenamiento son el abrevadero de ganado, el riego de pequeñas superficies y eventualmente el uso doméstico del agua.

Se exigen que se tengan condiciones topográficas, hidrológicas, geológicas y de mecánica de suelos. Las condiciones topográficas son necesarias para tener un estrechamiento topográfico suficiente para conformar la boquilla donde se ubique el bordo, así como un valle hacia aguas arriba, para ubicar el vaso de almacenamiento. Las condiciones hidrológicas son exigentes para tener una cuenca lo suficientemente grande, así como la precipitación suficiente para garantizar el escurrimiento necesario que garantice el abastecimiento para lograr que se llene el vaso. Las condiciones geológicas son necesarias para garantizar en el caso del bordo la capacidad para resistir el peso del mismo así como la impermeabilidad necesaria, y para el vaso el que no se presenten fallas o materiales que impidan la impermeabilidad necesaria. Las condiciones de mecánica de suelos se exigen para contar con bancos de materiales arcillosos que proporcionen la impermeabilidad necesaria en el bordo de almacenamiento. (SAGARPA)

Alguna desventaja que se podría plantear respecto a los bordos de almacenamiento serían las afectaciones de terrenos que necesariamente tienen que hacerse para disponer de los espacios para la construcción de la obra, otra desventaja sería desde el punto de vista ambiental que altera el régimen del escurrimiento de un cauce y en cierto momento a la flora y la fauna que se afecta al alterarse el escurrimiento normal del cauce.

### **3.2 Principales sistemas de captación de agua de lluvia (SCALL) utilizados en el mundo y en México.**

Las características químicas y físicas del agua de lluvia la hacen perfectamente utilizable para uso doméstico e industrial y la documentación existente sobre los sistemas de aprovechamiento de agua de lluvia, se limita a las acciones realizadas

en las últimas décadas en diferentes zonas del planeta. Algunas de estas acciones se mencionan a continuación:

Australia: 30.4 % de la población en zonas rurales y el 6.5% en las ciudades utilizan algún SCALL. 13 % de las casas que cuentan con un SCALL utilizan el agua para beber y cocinar. (*Anaya, 2004*)

Bangladesh: Desde 1977, ha instalado cerca de 1,000 SCALL por Organizaciones No Gubernamentales (ONG's) utilizando tanques de concreto reforzado y de mampostería, con un costo que varía entre 50 y 150 dólares, es decir, entre los 650 y 1900 pesos mexicanos. El agua lluvia almacenada se usa para beber y cocinar, esta es aceptada como segura y cada vez es más utilizada por los usuarios locales. (*Pessoa, 2006*)

Tokio, Japón: En Tokio el aprovechamiento de agua lluvia es promovido para mitigar la escasez de agua, controlar las inundaciones y asegurar agua para los estados de emergencia. A nivel comunitario se están implementado instalaciones que están introduciendo a la población en la utilización del agua lluvia, éstas son llamadas "Ronjinson", se les encuentra la vía pública del distrito de Mukojim. Está instalación recibe el agua lluvia del techo de la casa, la cual es almacenada en un pozo subterráneo, para extraer el agua se utiliza una bomba manual, el agua colectada es utilizada para el riego de jardines, aseo de fachadas y pisos, combatir incendios y como agua de consumo en situaciones de emergencia (*Anaya, 2004*)

Alemania: Los sistemas de aprovechamiento de agua lluvia fueron introducidos en Berlín, Alemania como parte de un redesarrollo urbano a gran escala, DaimlerChrysler Potsdamer Platz, con el fin de controlar las inundaciones, utilizar racionalmente el agua de la ciudad y crear un mejor microclima. El agua lluvia cae en las cubiertas de edificios (32,000 m<sup>2</sup>), se recoge y almacena en un tanque subterráneo de 3,500 m<sup>3</sup>. Esta agua es usada para la descarga de inodoros, el riego de zonas verdes (incluyendo techos verdes) y llenar un estanque artificial.

En otro proyecto Belss-Luedecke-Strasse Building State en Berlín, el agua lluvia de todas las cubiertas (7,000 m<sup>2</sup>) es descargada a una cisterna con capacidad de 160 m<sup>3</sup>, junto con el agua de escurrimiento de las calles, espacios de parqueadero y vías peatonales (área de 4,200 m<sup>2</sup>). El agua es tratada en varios pasos y usada en la descarga de sanitarios y el riego de jardines. El sistema está diseñado para que la mayoría de los contaminantes del flujo inicial sean evacuados al alcantarillado de agua de lluvia.

El sistema retiene aproximadamente el 58% de la precipitación que cae dentro del perímetro de las instalaciones. A través de un modelo basado en 10 años de simulación se estimó que el ahorro de agua potable con la utilización de agua lluvia es de 2.430 m<sup>3</sup> por año, con este volumen se puede preservar el reservorio de agua subterránea de Berlín. (Pessoa, 2006)

Brasil: En la década pasada en Brasil, muchas ONG y organizaciones ambientales se enfocaron en trabajar en el suministro de agua para consumo humano usando sistemas de aprovechamiento de agua lluvia. En la región noroeste de Brasil de clima semiárido, en promedio anual de lluvia varía desde 200 hasta 1,000 mm. Las comunidades nativas tradicionalmente han recogido agua lluvia en pozos excavados a mano en rocas, pero este sistema no logra satisfacer las necesidades de la población, por ello una ONG y el gobierno de Brasil iniciaron un proyecto para construir un millón de tanques para la recolección de agua lluvia en un periodo de 5 años, para beneficiar a 5 millones de personas. La mayoría de estos tanques fueron hechos con estructuras de concreto prefabricado o concreto reforzado con mallas de alambre. (Pessoa, 2006)

Estados Unidos: Los SCALL son empleados en 15 estados de este país siendo Texas el estado donde más se utilizan; cuenta con alrededor de 50 compañías especializadas en el diseño de SCALL. El costo de los sistemas varía entre los 5000 y 8000 dólares, dependiendo del tamaño de la cisterna de almacenamiento. (Anaya, 2004)

México: El Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA), a través de su Coordinación de Tratamiento y Calidad del Agua ha realizado investigaciones en este campo. Producto de este esfuerzo ha adaptado tecnología en comunidades rurales del norte del estado de Morelos para la captación y potabilización de aguas pluviales para uso y consumo humano. También se han diseñado y construido en sus instalaciones una casa modelo autosuficiente. (*Anaya, 2004*)

En el Instituto Politécnico Nacional se ha realizado investigación con el fin de conocer el estado del arte de los SCALL en el mundo y particularmente en México, destacando sus ventajas y considerando también sus limitaciones, (*Herrera, 2010*).

En el año 2003 se constituyó el Centro Internacional de Demostración y Capacitación en Aprovechamiento del Agua de Lluvia del Colegio de Postgraduados de la Universidad Autónoma Chapingo (CIDECALLI-CP). Algunas de sus actividades han sido:

1) Elaboración y ejecución de proyectos sobre SCALL para consumo humano y uso doméstico, en las comunidades Mazahua y Purépecha, en el Estado de Michoacán, en la Mixteca Oaxaqueña y Guadalajara, entre otros.

2) Ha diseñado y construido cinco diferentes modelos de SCALL; se encuentran en el Campus Montecillo, del Colegio de Posgraduados de la Universidad Autónoma Chapingo y los ha denominado COLPOS 1 a COLPOS 5, (*CIDECALLI 2008*).

Además de los anteriores sistemas, el CIDECALLI también ha desarrollado una cisterna para el sistema de producción intensiva de conejos con capacidad de 500 m<sup>3</sup> (COLPOS 6) y un reservorio para riego de auxilio y cultivo comercial de peces con capacidad de 10,000 m<sup>3</sup> (*CIDECALLI 2008*).

### **3.3 Las etapas importantes en el contexto internacional.**

En los últimos veinticinco años se han organizado diversas conferencias mundiales, algunas de ellas sobre el agua. Pero resulta importante destacar que a raíz del tercer Foro Mundial del Agua (en Japón) y con el Año Internacional del Agua Dulce, ambos

en 2003, la preparación de las mismas y los debates subsiguientes han modificado nuestra percepción de la crisis del agua y ampliado nuestra comprensión de las respuestas necesarias. De igual manera, la conferencia de Mar del Plata de 1977 marcó el comienzo de una serie de actividades globales en torno al agua, entre ellas, el Decenio Internacional de Agua Potable y Saneamiento (1981-1990) aportó una ampliación substancial del suministro de servicios básicos para las poblaciones pobres.

Estas experiencias nos han mostrado, por comparación, la magnitud de la tarea a realizar, a saber, la necesidad de efectuar una enorme expansión en el suministro básico de agua y de servicios sanitarios para cubrir los requisitos actuales y los del futuro próximo.

La Conferencia Internacional sobre el Agua y el Medio Ambiente (CIAMA) de Dublín, en 1992, estableció cuatro Principios, que siguen siendo válidos a la fecha.

Principio No.1. El agua dulce es un recurso finito y vulnerable, esencial para sostener la vida, el desarrollo y el medio ambiente.

Principio No. 2. El aprovechamiento y la gestión del agua deben inspirarse en un planteamiento basado en la participación de los usuarios, los planificadores y los responsables de las decisiones a todos los niveles.

Principio No.3. La mujer desempeña un papel fundamental en el abastecimiento, la gestión y la protección del agua»;

Principio No. 4. El agua tiene un valor económico en todos sus diversos usos en competencia a los que se destina y debería reconocérsele como un bien económico.

La Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (CNUMAD) de 1992 permitió la adopción de la Agenda 21 que, con sus siete propuestas de acción en el ámbito del agua dulce, contribuyó a movilizar a las poblaciones en favor del cambio y favoreció la todavía lenta evolución de las prácticas de gestión del agua.

Ambas conferencias fueron pioneras en el sentido que colocaron el agua en el centro del debate sobre el desarrollo sostenible.

El 2º Foro Mundial del Agua de la Haya en el año 2000 y la Conferencia Internacional sobre el Agua Dulce de Bonn en el 2001 continuaron este proceso. En cada una de estas reuniones se establecieron metas para mejorar la gestión del agua, muy pocas de las cuales se han cumplido.

Entre todos los objetivos que las distintas instancias internacionales han establecido en los últimos años, las Metas de Desarrollo del Milenio para el 2015, adoptadas por la Cumbre de las Naciones Unidas del año 2000, siguen siendo los más influyentes.



## **CAPÍTULO IV MARCO CONTEXTUAL**



## 4.1 Caracterización

El presente trabajo se desarrolla en la comunidad de San Lorenzo Toxico ubicada en el municipio de Ixtlahuaca en el Estado de México. La comunidad de San Lorenzo Toxico se ubica a los 2,530 m.s.n.m. en su parte más baja y en su parte más alta a los 2,590 m.s.n.m. está rodeada por dos sistemas montañosos dentro del territorio municipal hacia el Noreste y el Sur.

El significado de “Toxico” proviene de la lengua mazahua de la palabra “Tojico” y tiene como significado “lugar entre lomas”, haciendo alusión a las condiciones morfológicas del lugar ya que se conforma en su mayoría por frentes lávicos o lomeríos acompañados por planicies y rodeadas por domos volcánicos.

La comunidad de San Lorenzo Toxico se encuentra dividida territorialmente en ocho manzanas, de las cuales sobresale la manzana sexta, séptima y octava, esto por la superficie que ocupan en el territorio respecto a las demás, ya que son las más grandes de la comunidad en cuanto a su extensión se refiere.

Tabla 4.1. Localización geográfica del área de estudio

NOMBRE DE LOCALIDAD	LONGITUD	LATITUD	ALTITUD(msnm)
SAN LORENZO TOXICO	99°45'46”	19°30'33”	2605
EJIDO SAN LORENZO TOXICO MANZANA SEXTA	99°46'31”	19°30'56”	2614
EJIDO SAN LORENZO TOXICO MANZANA OCTAVA	99°46'17”	19°29'48”	2547
EJIDO SAN LORENZO TOXICO MANZANA SÉPTIMA	99°45'03”	19°29'59”	2589

Fuente: INEGI, 2010

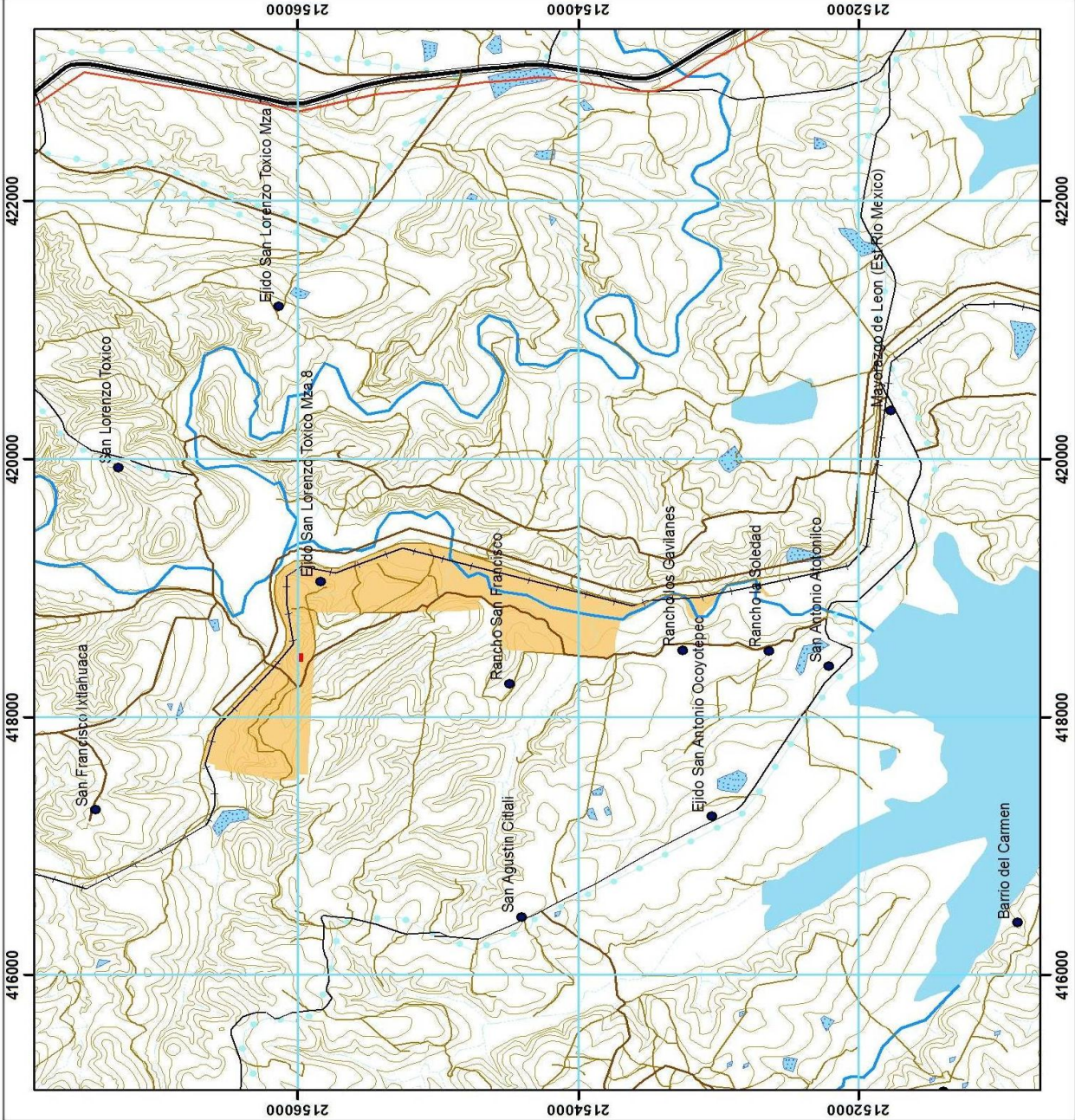
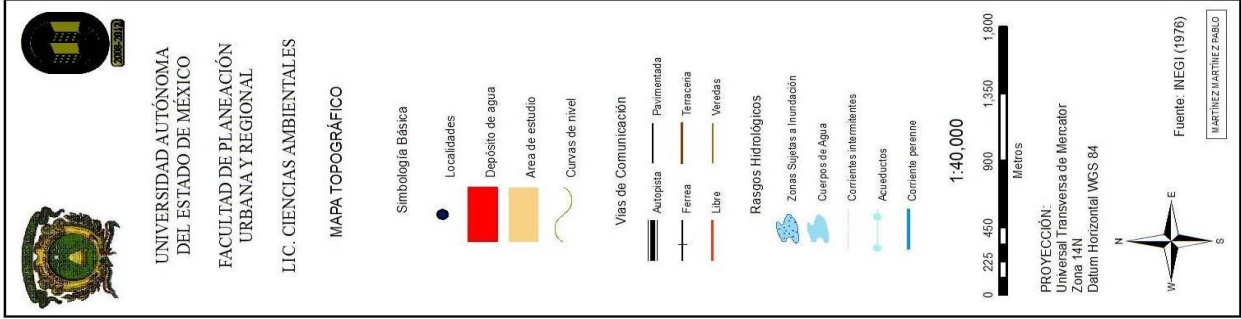


FIGURA 4.1. Mapa Topográfico-Ubicación del área de estudio, Fuente: INEGI (1997)

## 4.2 Relieve o Geomorfología

Como se puede observar en la (Figura 4.1) la comunidad se ubica en una zona donde el relieve es irregular y en el que podemos encontrar barrancas de una longitud considerable, esto le ha permitido caracterizarse por la gran variedad de drenajes cercanos a los márgenes del valle que aunado a estas condiciones se ve favorecido por la gran cantidad de lomeríos que se encuentran en la comunidad y donde también se ubica la mayoría de los asentamientos humanos al ser terrenos más estables.



Figura 4.2. Volcán San Miguel

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO  
FACULTAD DE PLANEACIÓN URBANA Y REGIONAL  
LIC. CIENCIAS AMBIENTALES

MAPA GEOMORFOLÓGICO

Simbología Básica

- Área de estudio
- Localidades

Formación

- Llanuras
- Frentes Larios
- Sierras

0 225 450 900 1.350 1.800  
Metros

1:40,000

PROYECCIÓN:  
Universal Transversa de Mercator  
Zona 14N  
Datum Horizontal WGS 84

Fuente: INEGI (1976)  
MARTÍNEZ MARTÍNEZ PABLO

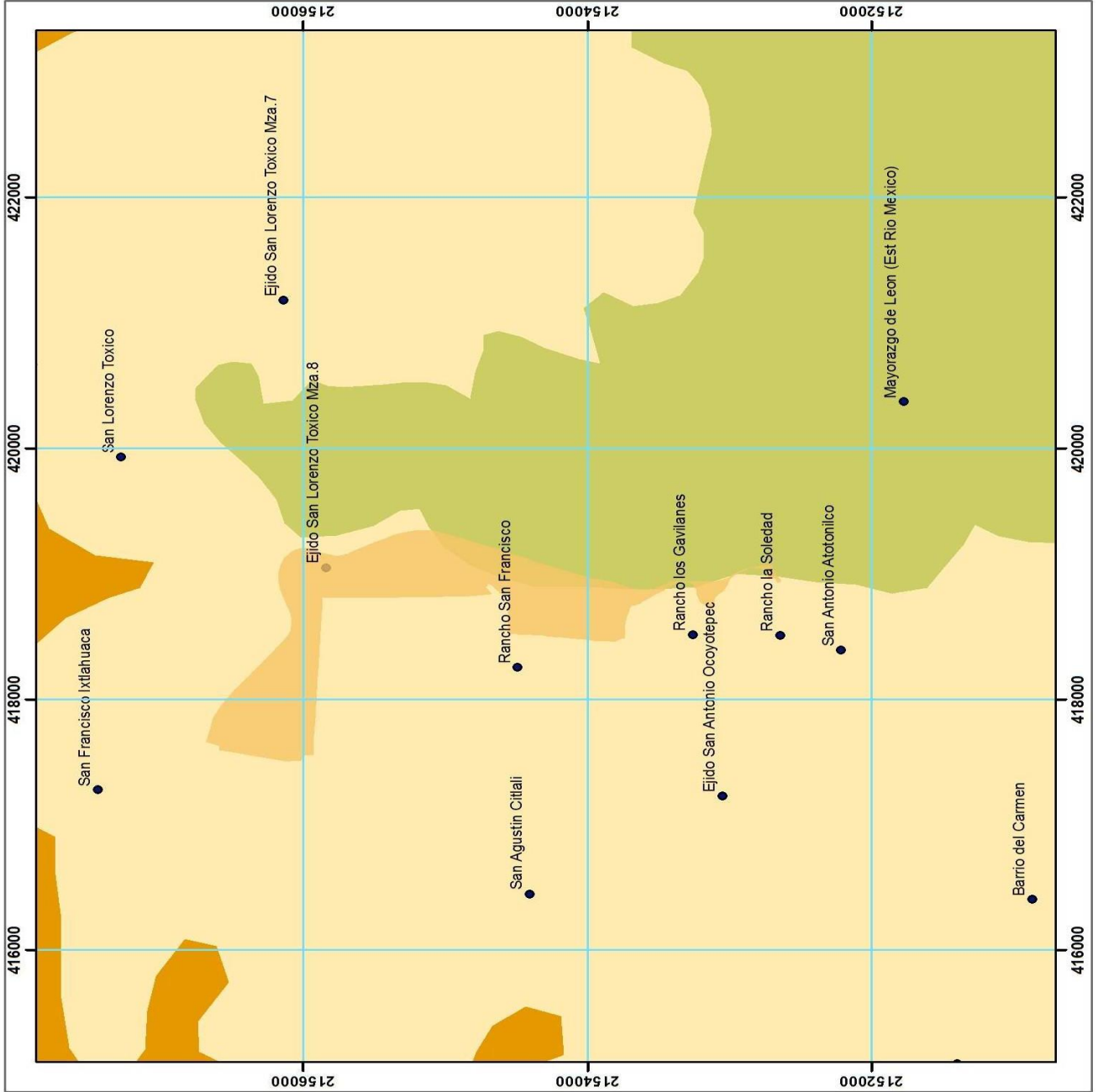


Figura 4.3 Geomorfología, INEGI


### 4.3 Hidrología

En la zona de estudio confluyen los afluentes de dos ríos, uno de ellos de gran importancia, pues se trata del afluente del Rio Lerma aunque las condiciones de calidad del agua no son las más óptimas, a éste se le une también el afluente del Rio Almoloya que es abastecido por la presa Ignacio Ramírez.

Como se mencionó, ambos ríos confluyen dentro de la zona de estudio, lo que ocasiona que se presenten inundaciones de manera anual en la zona, pues además cada uno de estos ríos es abastecido de agua por los escurrimientos superficiales que son bastos en esta zona, y que cuando la lluvia se presenta en gran cantidad y en poco tiempo ocasiona que estos escurrimientos aporten gran cantidad de agua al afluente principal de los ríos. Esto haría pensar que entonces otra alternativa de solución al problema de abasto de agua sería el de tomarla del rio Almoloya por su mejor calidad en el agua, sin embargo, la dificultad radica en cómo se integraría a la red de agua potable, pero sobre todo el financiamiento que pueda darse en algún momento para el tratamiento de esta agua.



Figura 4.4. Afluente Rio Lerma



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO  
FACULTAD DE PLANEACIÓN URBANA Y REGIONAL  
LIC. CIENCIAS AMBIENTALES

**MAPA HIDROLÓGICO**

**Simbología Básica**

- Localidades
- Depósito
- Area de estudio

**Rasgos Hidrológicos**

- Pozos
- Acueductos
- Corriente perenne
- escurrimientos tesis
- Zonas Sujetas a Inundación
- Cuerpos de Agua

0 225 450 900 1,350 1,800  
Metros

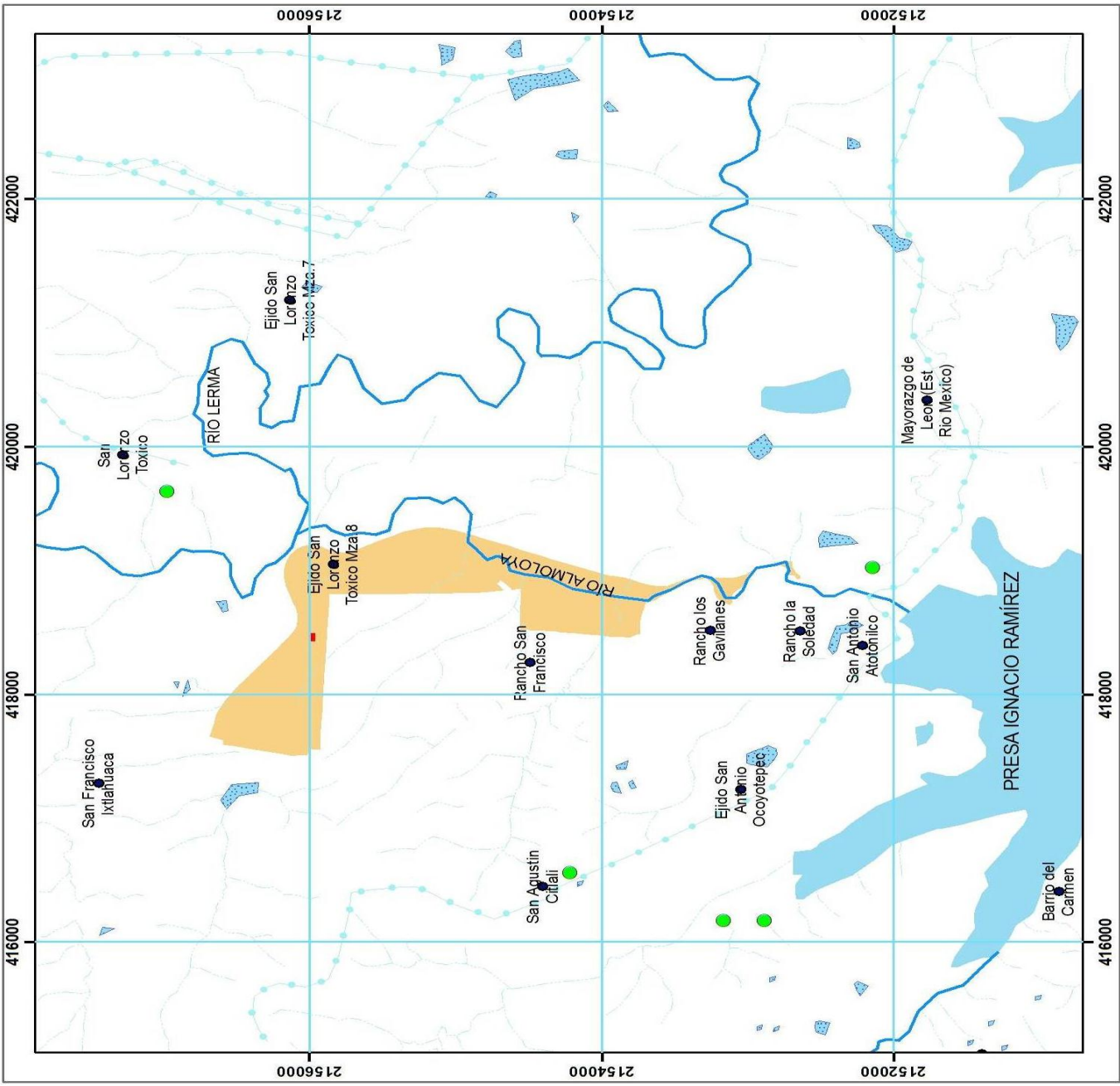
1,40 000

PROYECCIÓN:  
Universal Transversa de Mercator  
Zona 14N  
Datum Horizontal WGS 84

W E  
N S

Fuente: INEGI (1976)

MARTINEZ MARTINEZ PABLO

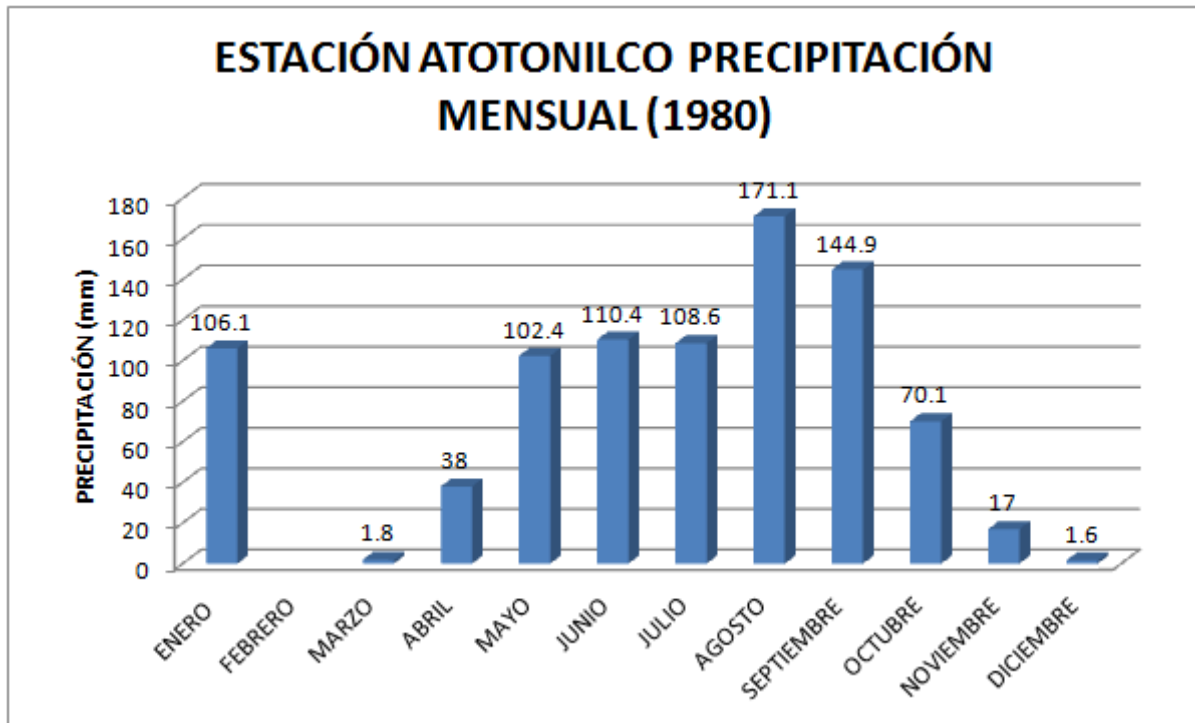


#### 4.4 Precipitación

La precipitación es un proceso natural que no tiene índices de medición fijos anuales, ya que cada periodo de lluvias es influenciado de diferente manera por las condiciones climáticas. Para el caso de la zona que es objeto de nuestra investigación se tienen diferentes índices en los niveles de precipitación como se muestra de la gráfica 4.1 a la 4.7, esto es a partir de los datos obtenidos del Servicio Meteorológico Nacional correspondientes a un periodo de treinta años.

Por ello es recomendable tomar diferentes datos de los periodos de lluvia de diferentes años, con la finalidad de identificar como se ha comportado este fenómeno meteorológico y para conocer que tanto influye en la problemática de la zona de estudio.

Grafica 4.1. Precipitación mensual 1980

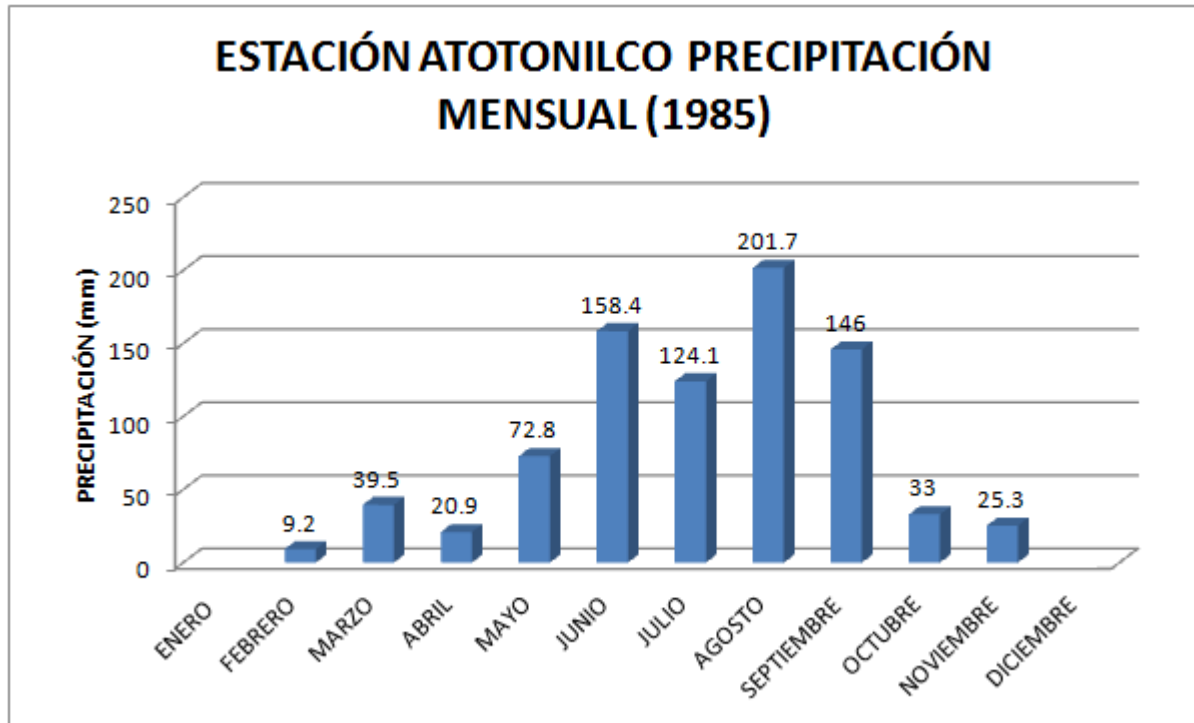


Fuente: SMN (2012)



En este periodo se observa que la lluvia fue constante en los meses de Mayo a Septiembre donde la precipitación tuvo estándares que se mantuvieron arriba de los 100 mm de lluvia en cada uno de estos meses. Aunque se tiene que en el mes de enero la precipitación también tuvo valores considerables que pudieron favorecer en determinado caso a los cultivos de temporada en la zona de estudio.

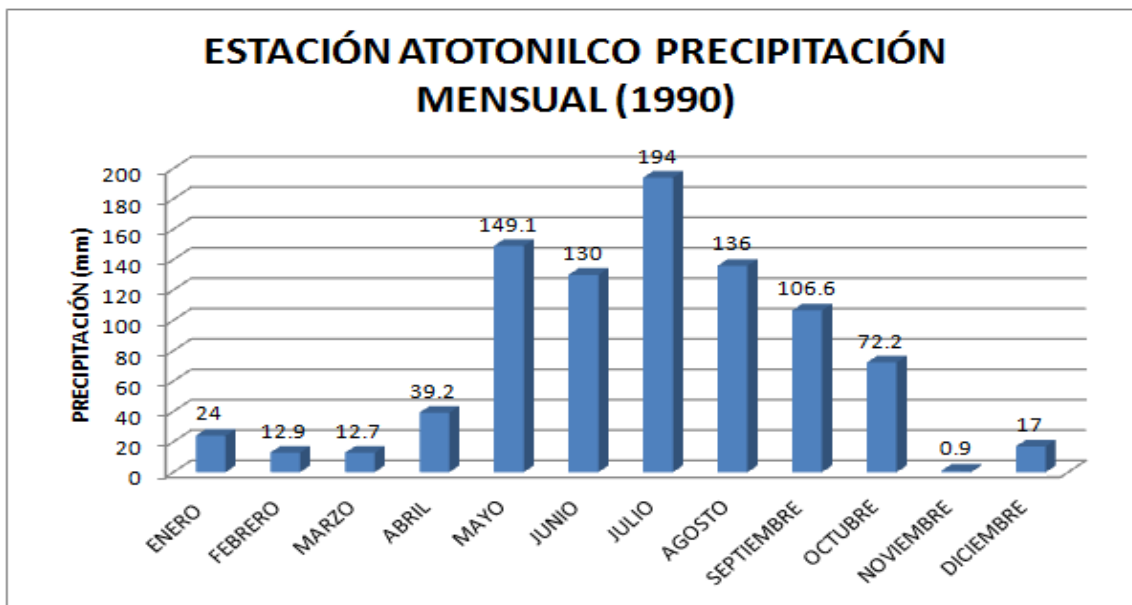
Grafica 4.2. Precipitación mensual 1985



Fuente: SMN (2012)

Para este año los meses de mayor lluvia fueron los correspondientes al periodo de junio al mes de septiembre por lo que solo hubo cuatro meses con valores superiores a los 100 milímetros de precipitación aunque el mes de agosto fue relativamente más lluvioso superando los 200 milímetros

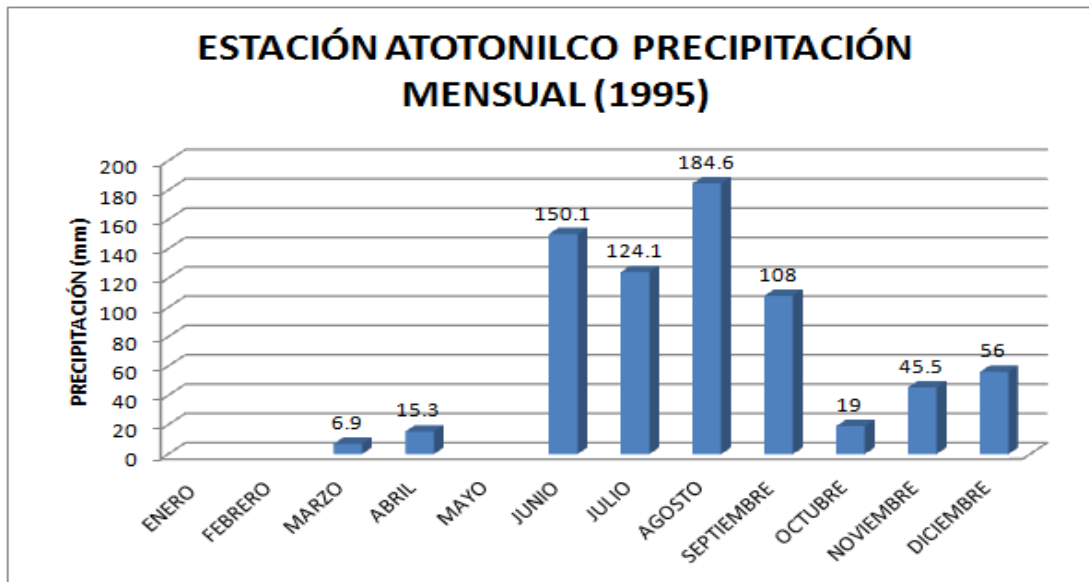
Grafica 4.3. Precipitación mensual 1990



Fuente: SMN (2012)

Los meses con mayor precipitación en este año comprendieron el periodo de mayo a septiembre por lo que se considera un comportamiento normal de la precipitación en la zona de estudio para este año.

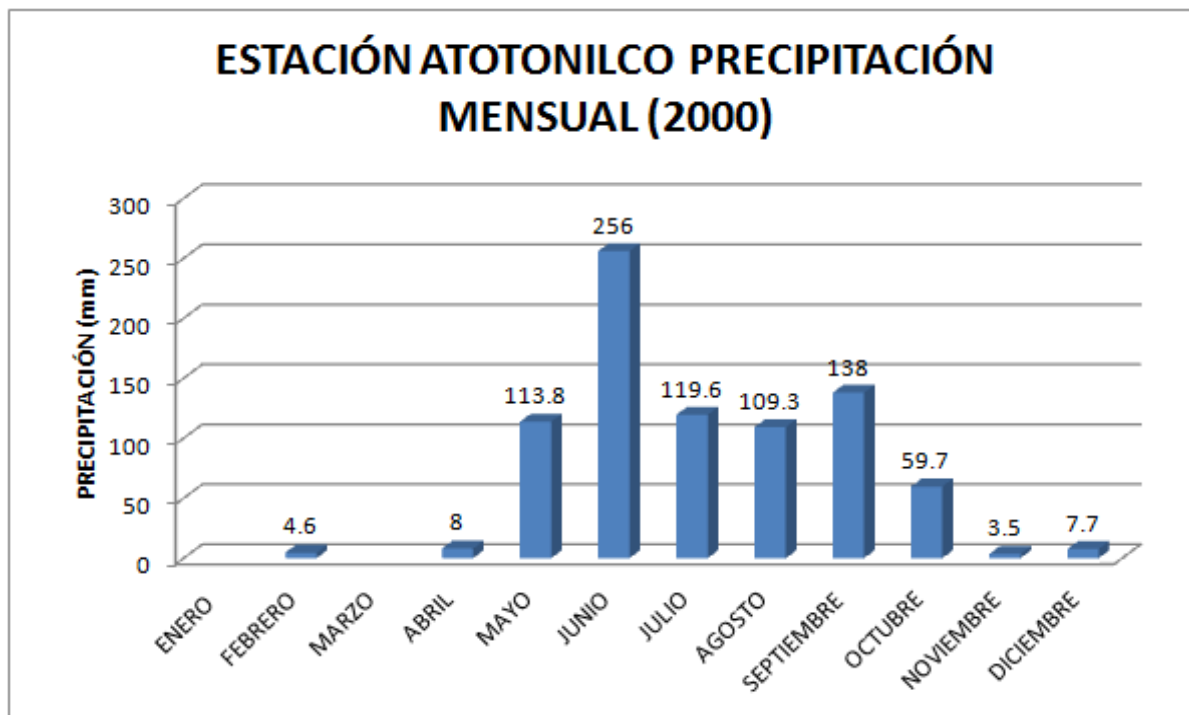
Grafica 4.4 Precipitación mensual 1995



Fuente: SMN (2012)

A diferencia de lo mostrado en la gráfica del año anterior, para 1995 la precipitación en el área de estudio bajo severamente presentándose de manera intensa en solo cuatro meses que fueron de Junio a Septiembre, siendo Agosto en mes que mayor cantidad de precipitación tuvo con un valor de 184.6 mm.

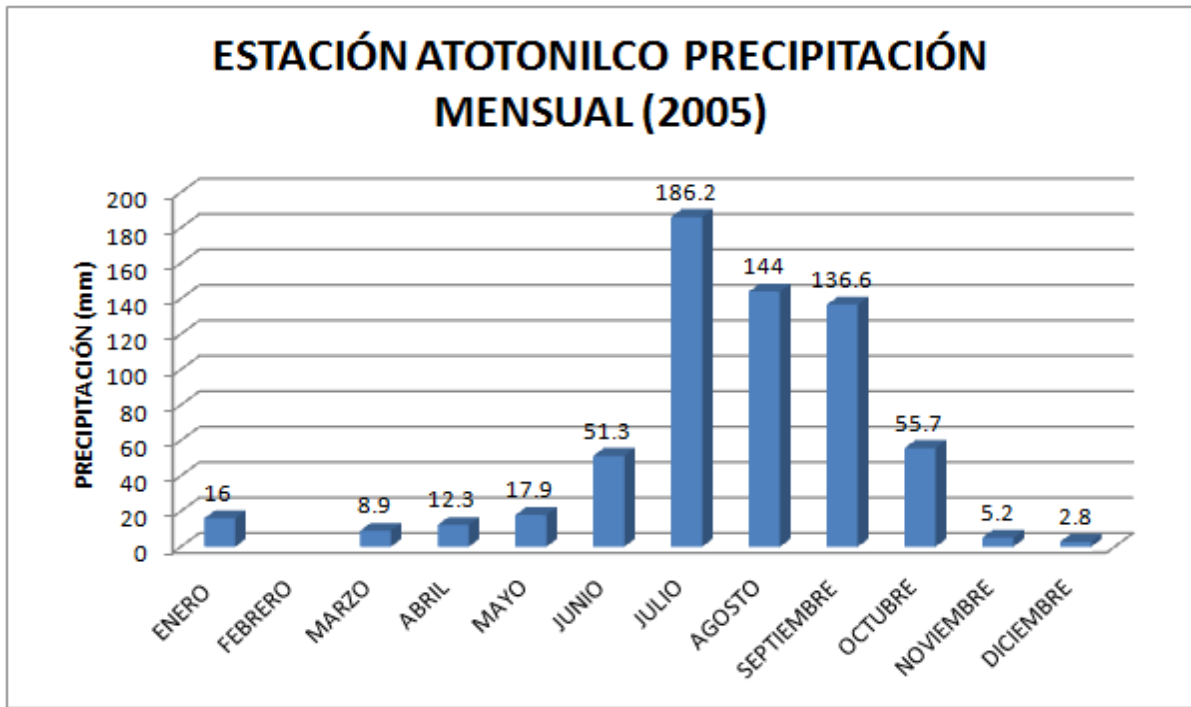
Grafica 4.5. Precipitación mensual 2000



Fuente: SMN (2012)

Se observa que para este año la precipitación en la zona de estudio fue considerablemente alta ya que en el mes más lluvioso que fue Junio los valores de esta alcanzaron los 256 mm de lluvia, sin embargo dado que no se cuenta con sistemas de captación más que unos cuantos bordos en la zona toda esta precipitación no fue aprovechada sino que por el contrario en este año la comunidad se vio afectada por una de las inundaciones más graves causando pérdidas totales en el sector agrícola.

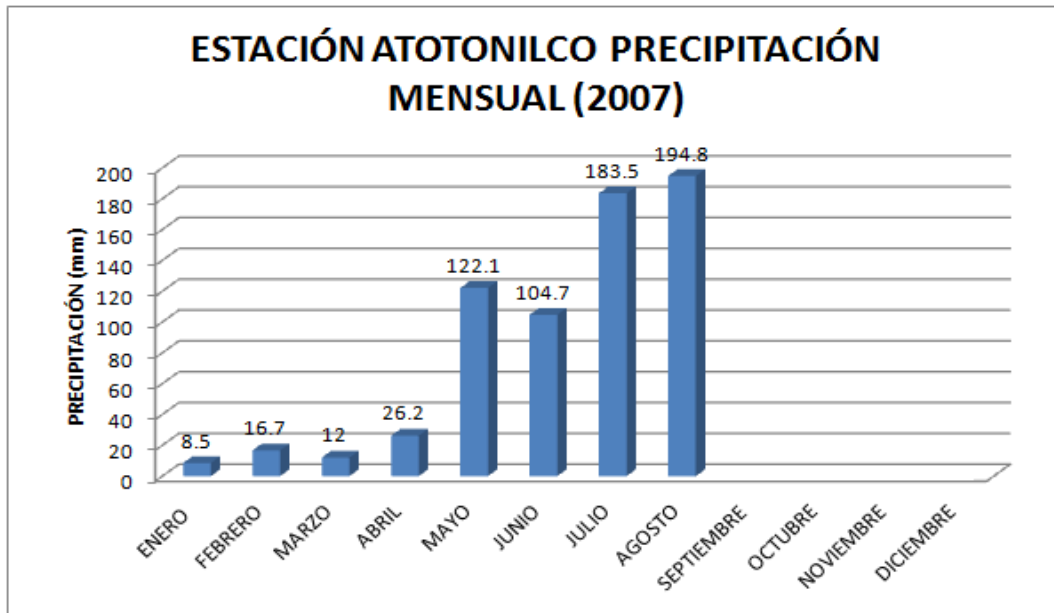
Gráfica 4.6. Precipitación mensual 1995



Fuente: SMN (2012)

Se puede considerar que la precipitación en este año fue atípica e incluso se ve reflejado en la gráfica donde se observa que solo hubo tres meses de precipitación considerable aunque los valores de esta no son altos, por lo que es uno de los años más secos que se han dado en la comunidad y donde se vio evidenciada la problemática a la que hace referencia esta investigación.

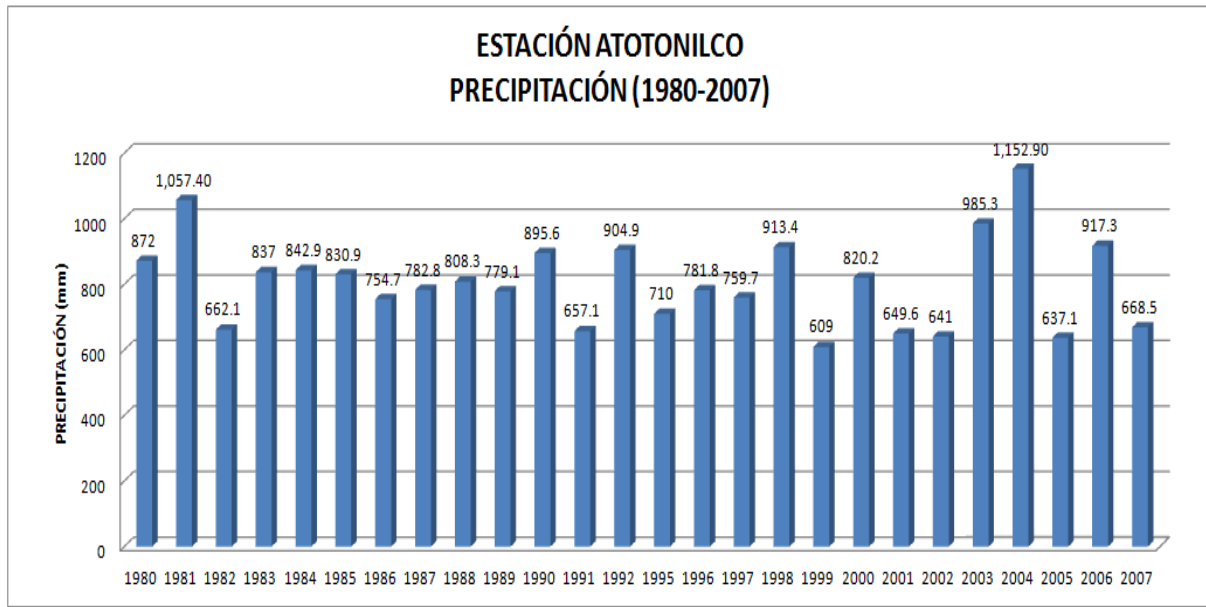
Gráfica 4.7. Precipitación mensual 2007



Fuente: SMN (2012)

En 2007 la precipitación se tornó normal y aunque no se contó con los datos de la precipitación de todo el año, se observa que nuevamente se presentaron cuatro meses de lluvias intensas donde en el mes de mayor precipitación se llegó a tener cerca de 200 mm de lluvia.

Gráfica 4.8. Precipitación media anual 1980-2007



Fuente: SMN (2012)

La precipitación anual durante los treinta años no ha tenido un valor constante, pues como se observa en la gráfica 4.8 estos valores varían, siendo el valor mínimo de 609 mm de precipitación y se presentó en 1999 por lo que se catalogó como el mes más seco de este periodo, por otro lado los valores del año con mayor cantidad de lluvia duplican a los del año más seco teniendo una precipitación media anual de 697.79, por lo que queda claro que de implementarse el sistema de captación se estaría susceptible a la variación en la precipitación y podría o no cubrirse el volumen total de este.

A lo largo de los treinta años se observa que son cuatro los meses con mayor precipitación, esto son junio, julio, agosto y septiembre, sin embargo, regularmente el mes de mayo también suele presentar valores considerables de precipitación.

Por el contrario los meses con menor índice de precipitación suelen ser los últimos dos de cada año, así como los primeros dos de éste. Aunque ocasionalmente en años atípicos el mes de enero suele presentar precipitaciones altas.

A partir de los datos anteriores se puede concluir que en los años recientes el valor de los niveles de precipitación ha disminuido, sin embargo hay que tener en cuenta que este es un factor muy cambiante y que en los años posteriores pueden

presentarse periodos de retorno con altos niveles de lluvia que traigan consigo mejores condiciones que beneficien a la población en cuanto a la cantidad de precipitación.



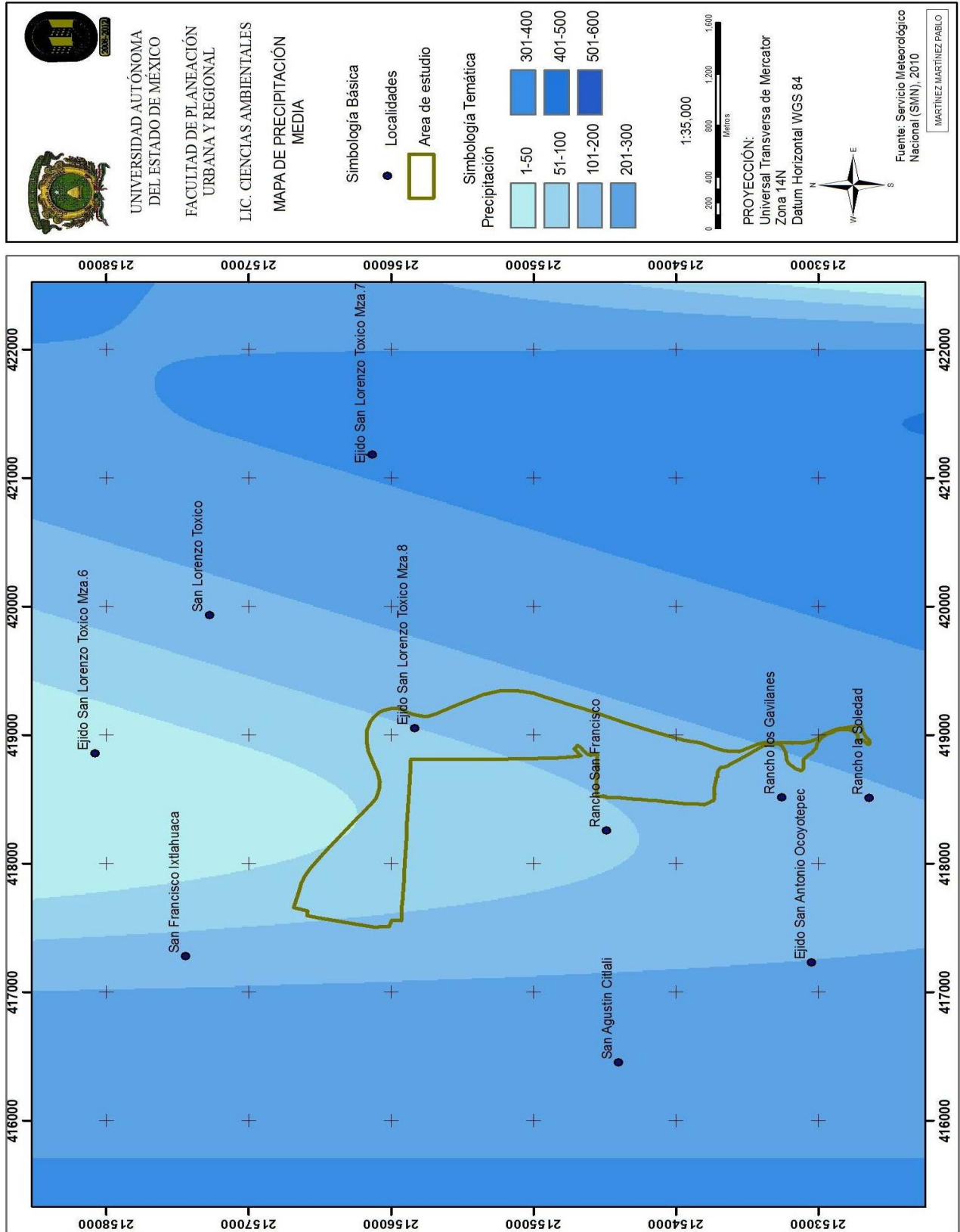


Figura 4.6 Precipitación San Lorenzo Toxico, SMN (2012)

El mapa de precipitación muestra de manera visual la cantidad de lluvia correspondiente a la zona de estudio y la de sus alrededores, los valores de precipitación que se muestran se obtuvieron de las estaciones meteorológicas cercanas a la zona de estudio.

El problema para la comunidad es que la mayoría de los habitantes no aprovecha la precipitación para usos posteriores como los domésticos o algún otro, pues sólo es utilizada para el riego en las parcelas de agricultura temporal, pero éste únicamente es un pequeño porcentaje de lo que llueve y el resto tiende a perderse en los escurrimientos para posteriormente unirse a los ríos donde la calidad de agua se pierde.

Durante los meses que se presenta mayor precipitación toda la lluvia que escurre se concentra en unas cuantas horas en los ríos que confluyen en la parte baja de la zona de estudio lo que trae consigo en la mayoría de los años que se presenten inundaciones que a pesar de no ocasionar pérdidas humanas, si afecta los cultivos que quedan en su mayoría bajo el agua generando a los agricultores pérdidas económicas por los trabajos que se realizan en la labranza de la tierra y en la aplicación de abonos a dichos cultivos que en su mayoría son de maíz.



Figura 4.7 Desbordamiento Rio Lerma en parcelas de cultivo, San Lorenzo Toxico



Figura 4.8 Parcelas inundadas, San Lorenzo Toxico



Figura 4.9 Inundación de parcelas de cultivo, San Lorenzo Toxico

Una forma de aprovechamiento del escurrimiento superficial del agua de lluvia que se ha implementado en la comunidad es la creación de bordos, estos han servido para el abastecimiento principalmente en el sector ganadero y agrícola.

En la manzana ocho se contabilizaron cuatro bordos, sin embargo todos estos se ubican en predios particulares lo que limita que las personas de la manzana puedan hacer uso del agua libremente.



Figura 4.10 Bordo de almacenaje de agua de lluvia.

Los bordos que se han implementado en el área correspondiente a la manzana ocho no tienen una misma dimensión, además es importante señalar que no se toma en cuenta un estudio previo de la zona donde se construyen sino que se toma en cuenta solo el conocimiento propio adquirido con la experiencia y conocimiento del territorio que tienen los habitantes al ser quienes han estado ahí por varias décadas.



Figura 4.11. Bordos utilizados para almacenar agua de los escurrimientos

## 4.5 Población

Haciendo referencia a la población de la comunidad de San Lorenzo Toxico, hasta hace una década no se consideraba de gran tamaño poblacional, sin embargo en los últimos años y de acuerdo a los datos obtenidos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), se identificó que la población ha aumentado y además la mayoría de ésta se concentra en jóvenes y niños.

Tabla 4.2. Población 2010: San Lorenzo Toxico

NOMBRE DE LOCALIDAD	POBLACIÓN TOTAL	POBLACIÓN MASCULINA	POBLACIÓN FEMENINA
SAN LORENZO TOXICO	3302	1631	1671
EJIDO SAN LORENZO TOXICO MANZANA SEXTA	1257	628	629
EJIDO SAN LORENZO TOXICO MANZANA OCTAVA	1838	930	908
EJIDO SAN LORENZO TOXICO MANZANA SÉPTIMA	1846	929	917

INEGI: Censo de población y vivienda 2010

En la comunidad de San Lorenzo Toxico se tiene un conflicto que también aplica en varias comunidades rurales y es que en la mayoría de éstas la distribución de las casas no es regular sino que se encuentran alejadas unas de otras y algunas de forma muy amplia. La población comprendida en la octava manzana se encuentra dispersa en las cerca de 181 hectáreas que tiene de superficie, dificultando los trabajos referentes a la prestación de servicios en los que se incluye el suministro de agua potable.

La comunidad de San Lorenzo Toxico se encuentra categorizada como ejido, el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) para tener un mejor control de información lo divide en cuatro secciones:

San Lorenzo Toxico: en esta sección se ubica a la manzana 1, 2, 3 y 4, éstas se encuentran en el centro de la comunidad y cuentan además con una mejor accesibilidad. Por esta razón y por formar parte de lo que se conoce como centro de la comunidad aunado a que la población de dichas manzanas no es muy amplia se unificaron como una sola sección.

San Lorenzo Toxico Mza. 6: en esta sección solo se ubica una manzana pues la extensión de territorio de la misma y la dispersión de las casas hace que se complique el recabar y contabilizar a la población existente dentro de ella.

San Lorenzo Toxico Mza. 8 y 5: para esta sección se integraron dos manzanas de la comunidad siendo esta la de mayor interés por ser donde se integra el área de trabajo de esta investigación.

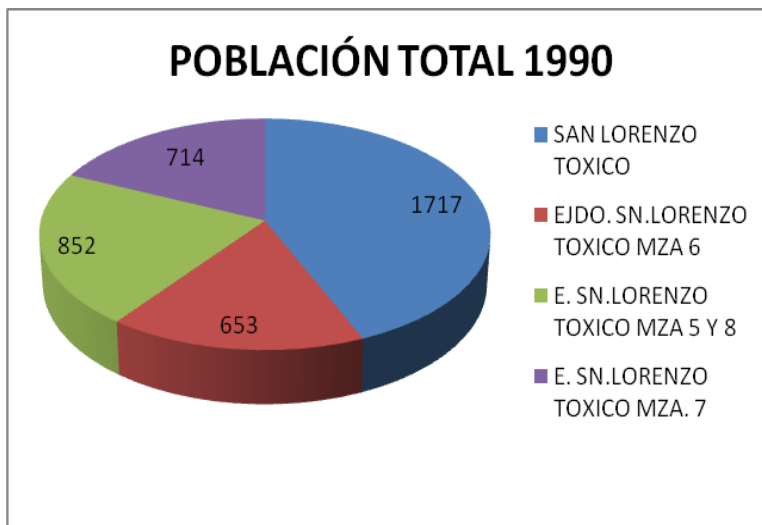
San Lorenzo Toxico Mza. 7: esta sección se integra de igual forma por una sola manzana, al ser esta la que se encuentra más alejada de la comunidad y que además es donde se considera a la población más dispersa.

Para que se tenga una mejor referencia de cómo se ha dado el crecimiento poblacional en la zona de estudio se presentan las gráficas elaboradas con base en los datos obtenidos en los censos de población hechos por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) que se realizan cada diez años.

Tabla 4.3. Población 1990

POBLACIÓN 1990	
San Lorenzo Toxico	1717 Hab.
Ej. Sn. Lorenzo Toxico Mza. 6	653 Hab.
Ej. Sn. Lorenzo Toxico Mza. 5 Y 8	852 Hab.
Ej. Sn. Lorenzo Toxico Mza. 7	714 Hab.

Grafica 4.9. Población 1990



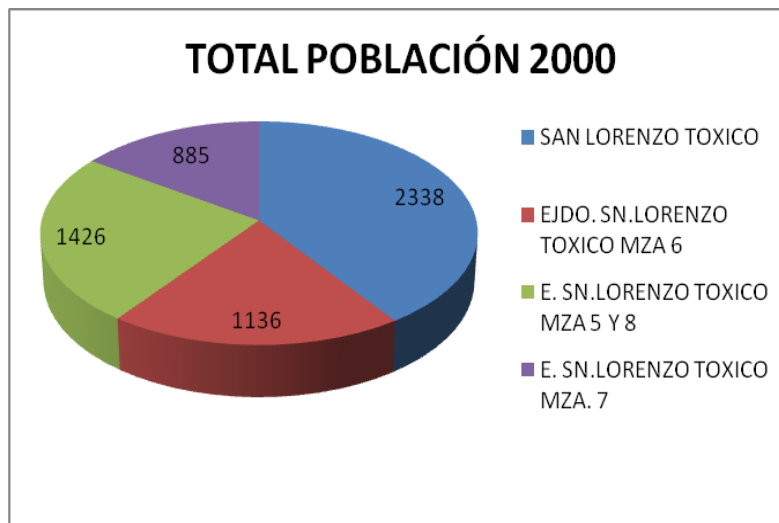
A inicios de la decada de los 90's la comunidad y en especifico la manzana ocho no contaba con un gran número de habitantes pues incluso a los datos de población de la manzana se le sumaban tambien los correspondientes a la manzana cinco, el conjunto de estas manzanas unicamente logran sumar los cerca de 850 habitantes, por lo que la demanda de agua potable no se traia complicaciones de abasto a la población.



Tabla 4.4. Población 2000

POBLACIÓN 2000	
San Lorenzo Toxico	2338 Hab.
Ej. Sn. Lorenzo Toxico Mza 6	1136 Hab.
Ej. Sn. Lorenzo Toxico Mza 5 Y 8	1426 Hab.
Ej. Sn. Lorenzo Toxico Mza. 7	885 Hab.

Grafica 4.10. Población 2000

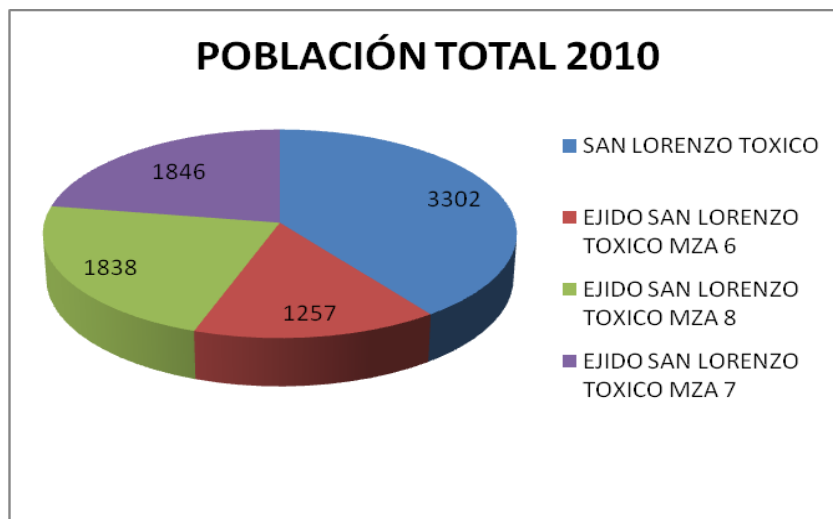


Para el año 2000 se vio un aumento considerable en la población de la comunidad, en el caso de la manzana 8 que se clasifica en conjunto con la manzana 5 la población estuvo cerca de duplicarse en relación a la década pasada pues el total de habitantes llegó casi a los 1500.

Tabla 4.5. Población 2010

San Lorenzo Toxico	3302
Ej. San Lorenzo Toxico Mza 6	1257 Hab.
Ej. San Lorenzo Toxico Mza 8	1838 Hab.
Ej. San Lorenzo Toxico Mza 7	1846 Hab.

Grafica 4.11. Población 2010



En el último censo de población los datos mostraron un crecimiento notorio en la cantidad de habitantes de la manzana a tal grado que se clasificó de forma independiente con un total de 1,838 habitantes, este crecimiento se reflejó en la demanda de agua potable sobre todo en la temporada de sequía del año 2011 donde hubo mayor gasto por parte de los habitantes de la manzana ocho.

El crecimiento de la población en la manzana ocho ha hecho ver que a futuro será necesario implementar estrategias que permitan a los habitantes abastecerse de agua en la época de estiaje y sobre todo que estas estrategias no sean costosas.

## 4.6 Uso de Suelo

El uso de suelo de la zona de estudio, por sus condiciones es propicio para la agricultura de temporal y de riego (Figura 4.2). Estas condiciones aunadas al clima de la comunidad de San Lorenzo Toxico han permitido a los habitantes de la comunidad desarrollar esta actividad de forma intensa ya que además es una de sus principales fuentes de subsistencia pues la mayor parte de la producción agrícola es destinada para el autoconsumo dentro de cada familia.

La comunidad se especializa en la actividad agrícola desde antes de su fundación en el año 1935 aproximadamente, hace unos diez años la rentabilidad de esta actividad resultaba buena para el sector de la población que se dedicaba a ella.

Sin embargo, de esos diez años a la fecha la producción agrícola obtenida se ha visto reducida y para algunos agricultores ya no es rentable destinar sus parcelas para la siembra de maíz.

La variación en los índices de precipitación mucho tiene que ver con la baja rentabilidad que se ha ido teniendo en el sector agrícola, ya que la falta de una buena precipitación ha influido de manera directa en el crecimiento y rendimiento del maíz, pues esta planta requiere de gran cantidad de agua para alcanzar un buen desarrollo, esto no solo afecta a los cultivos de temporal sino que también influye en las parcelas destinadas al cultivos de riego.



Figura 4.12 Cultivos de temporal



Figura 4.13 Cultivos irrigados con agua del Rio Almoloya

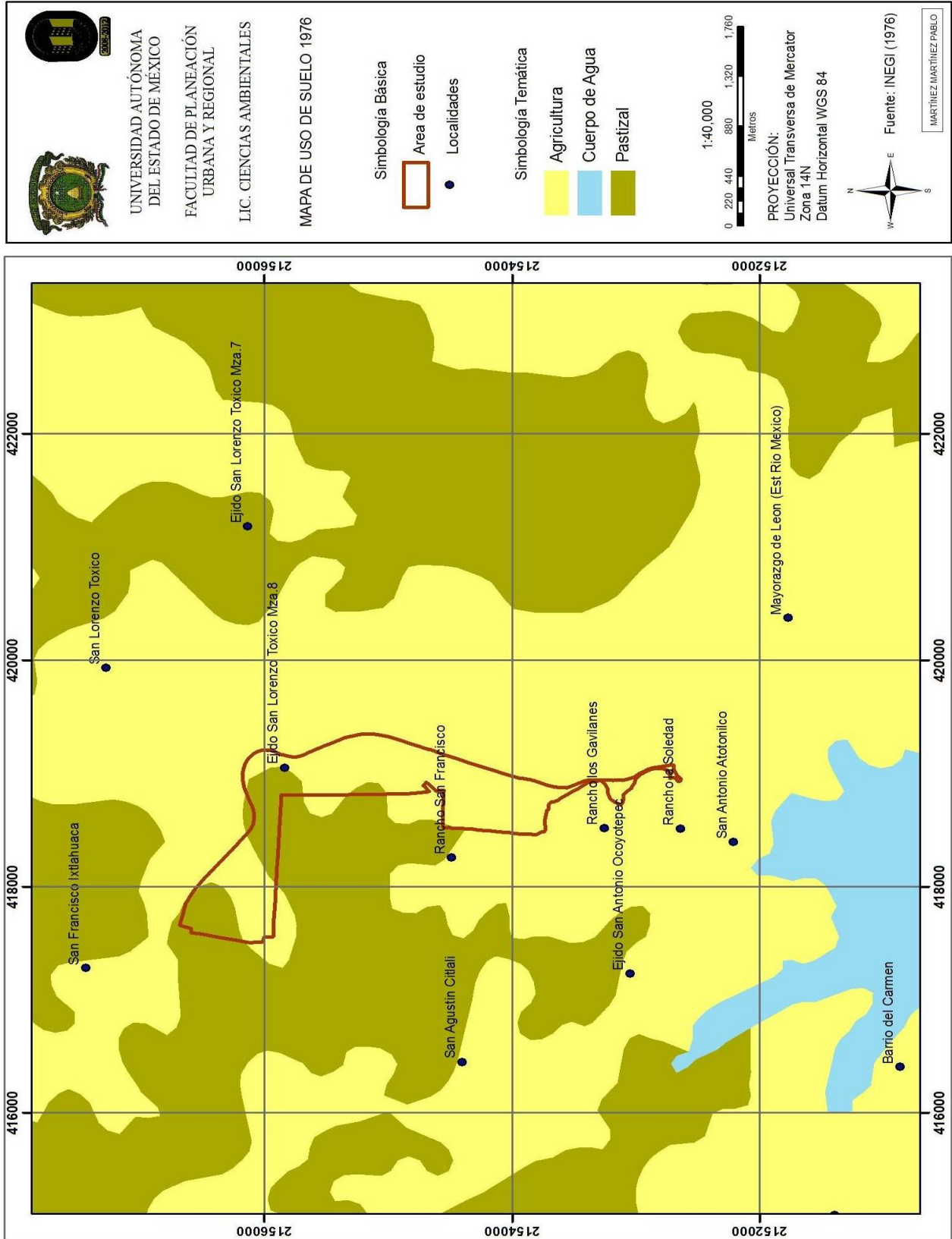


Figura 4.14 Uso de suelo 1976.

Debido a la anterior problemática actualmente se están implementando nuevos cultivos en la zona, entre los más productivos se destacan los de nopal, tomate, jitomate todos ellos realizados en invernaderos esto por las condiciones climáticas que se presentan en el lugar. De acuerdo a los testimonios de algunos agricultores de la comunidad y sus asociados, resulta más rentable el dedicarse a esta actividad puesto que las ganancias obtenidas son un poco mayores y en menos tiempo que las que se obtienen del maíz.

Esto se hace importante, pues como se sabe todos estos cultivos no necesitan de un gran porcentaje de agua para que tengan un buen desarrollo, por lo que aparte de beneficiar a los productores a su vez disminuye la cantidad de agua utilizada para la irrigación de estos, ya que el maíz para su crecimiento necesita mayor porcentaje de agua por el periodo de crecimiento que tiene el cual es de alrededor de seis meses.

En lo que respecta al área de estudio se tiene que el tipo de agricultura que predomina es la de riego con cerca del 70% de la superficie que comprende, dejando rezagada a la de que se hace por las lluvias de temporal, sin embargo, el agua ocupada para el riego no proviene de los pozos profundos de donde se extrae el agua potable, sino que los ríos que fluyen a través de la comunidad sirven como proveedores de agua para las parcelas cultivables siendo de gran ayuda para los campesinos de la zona.



Figura 4.15 Cultivo de nopal y tomate

## 4.7 Agua Potable

El suministro de este servicio está a cargo directamente de la Comisión del Agua del Estado de México ya que es la que autoriza que se brinde el servicio para la manzana 8 con los requerimientos legales que se establecen por la misma organización.

El agua con la que se abastece a la población de la manzana se obtiene de un pozo profundo que se ubica en la localidad de San Agustín Citlali, se estableció un convenio por parte de CAEM para que se suministre sólo a la manzana 8 de la comunidad de San Lorenzo Toxico por la cercanía que se tiene con él y porque además las manzanas restantes son abastecidas de otros dos pozos que por distancia complicarían aún más el abastecimiento a la manzana 8.

El pozo profundo que se ubica en San Agustín Citlali del que se extrae el agua para la manzana 8 se ubica del lado sur de la misma y de este punto es enviada al depósito donde se redistribuye son cerca de 4 km de tubería, cabe resaltar que no existe algún punto de rebombeo y que el agua llega hasta el depósito de distribución mediante gravedad pues dicho depósito se encuentra en un punto más bajo o de menor altitud en relación al pozo profundo de donde se extrae el agua.

Una vez que el agua llega al depósito esta se vuelve a distribuir a los cinco ramales en los que se divide la manzana ocho de igual forma se hace mediante gravedad, el problema es que al no tener un rebombeo la presión con la que llega a las casas-habitación no es la misma, por lo que las casas que se encuentran en las zonas más bajas son a las que se les suministra con mayor frecuencia el servicio y difícilmente se suministra de manera eficiente a las que se encuentran en la parte alta agravando aún más la problemática en relación al abasto de agua.

El depósito tiene una capacidad de almacenamiento aproximada de 80,000 litros, sin embargo éstos no son suficientes para satisfacer la demanda de toda la población, por tal motivo se ha regulado el suministro a cada ramal, quedando en común acuerdo los habitantes de que se les sea proporcionado el servicio cada dos días a la



semana aunque como se mencionó las casas ubicadas en la zona más alta pocas veces gozan de este servicio y cuando lo hacen es solo por algunas horas.

Este servicio se ve interrumpido debido a que el pozo de donde se abastece la manzana tiene también la función de suministrar agua para cultivos de riego por lo que durante este periodo el abastecimiento es nulo y para que los habitantes puedan contar con agua para sus diferentes actividades es necesario que la tengan que comprar, es decir, se distribuye mediante contenedores móviles (pipas) que los propios habitantes de la manzana tienen que comprar de forma individual. El costo de cada pipa es de entre \$700 (setecientos) u \$800 (ochocientos) pesos en M.N., el volumen de agua que transportan es de cerca de cinco mil litros que de acuerdo al estudio realizado en campo en cada hogar es suficiente para alrededor de tres a tres semanas y media.

Al no ser suficiente para los más de cuatro meses que no se cuenta con el servicio se contempla un gasto aproximado de \$5,000 por cada periodo en el que no se da el servicio el cual se invierte en la compra de agua que como se ha referido se abastece por medio de contenedores móviles (pipas).

## **CAPÍTULO V**

### **MARCO NORMATIVO**



La vigilancia de la calidad del agua para uso y consumo humano, tiene como objetivo prevenir la transmisión de enfermedades infecciosas y parasitarias, así como las derivadas de la continua ingestión de sustancias tóxicas que puede contener el agua de la que se abastece a la población.

La vigilancia debe consistir en programas estructurados por las autoridades competentes, para evaluar el control de calidad que llevan a cabo los organismos operadores de los sistemas de abastecimiento y, en función de estos programas, apoyarlos a fin de que se garantice el suministro de agua potable a la población.

En este sentido, la Secretaría de Salud elabora ciertas Normas Oficiales con la finalidad de mejorar el control sanitario del agua para consumo humano, que es distribuida por sistemas de abastecimiento público.

La aplicación y supervisión de estas normas le compete no solo al sector federal ya que varía de acuerdo a la norma a la que se esté refiriendo.

## **5.1 ÁMBITO DE COMPETENCIA FEDERAL.**

### **5.1.1 Constitución Política De Los Estados Unidos Mexicanos**

La Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos; publicada en el Diario Oficial de la Federación (D.O.F) de fecha 5 de Febrero de 1917, en su Título Quinto, llamado “de los Estados de la Federación y del Distrito Federal”, Artículo 115, apartado III, en su Inciso a), establece que los municipios tendrán a su cargo las funciones y servicios públicos de Agua Potable, drenaje, alcantarillado tratamiento y disposición de aguas residuales.

### **5.1.2 Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA).**

La LGEEPA, publicada en el D.O.F: el 28 de Enero de 1988, en su título tercero “Aprovechamiento sustentable del Agua y los Ecosistemas Acuáticos” establece la necesidad de crear el Programa Nacional Hídrico, así como la administración y operación de los sistemas de agua potable y alcantarillado que sirven a los centros

de población e industrias. También menciona en artículos posteriores acerca de la creación de normas oficiales mexicanas que regulen el abastecimiento y manejo de zonas de protección de ríos, manantiales, depósitos y en general, fuentes de abastecimiento de agua para el servicio de las poblaciones e industrias. Y que además para asegurar la disponibilidad de agua evitar el desperdicio de la misma, las autoridades competentes promueven el ahorro y uso eficiente del agua, así como su reusó.

## **5.2 ÁMBITO DE COMPETENCIA ESTATAL**

### **5.2.1 Ley Del Agua Del Estado De México**

De manera concreta se tiene que las disposiciones de esta ley son de orden público e interés social y regulan las siguientes materias:

- I. La administración de las aguas de jurisdicción estatal.
- II. La creación, establecimiento y actualización del Sistema Estatal del Agua.
- III. La organización y atribuciones de las autoridades estatales y municipales en la administración del agua de jurisdicción estatal y la coordinación respectiva con los sectores de usuarios.
- IV. La prestación del servicio público de suministro de agua potable, de drenaje y tratamiento de aguas residuales.
- V. Las atribuciones del Estado, los ayuntamientos y de los organismos en la prestación de los servicios de suministro de agua potable, drenaje y tratamiento de aguas, así como la coordinación respectiva con los sectores de usuarios.
- VI. La prestación total o parcial, por los sectores social y privado, de los servicios públicos de suministro de agua potable, drenaje y tratamiento de aguas residuales.

VII. La recaudación de las contribuciones establecidas en esta ley y demás disposiciones fiscales aplicables.

Para efectos de esta ley se entenderá por:

Agua potable: la que puede ser ingerida sin provocar efectos nocivos a la salud y reúne las características establecidas por las normas oficiales mexicanas.

Aguas de jurisdicción estatal: las que se localizan en dos o más predios y que no sean consideradas como propiedad de la Nación y las que son parte integrante de los terrenos de propiedad del Gobierno del Estado de México, por los que corren o en los que se encuentran sus depósitos y las que sean asignadas por la Federación;

Agua pluvial: la proveniente de la lluvia, nieve o granizo.

Depósito o vaso: depresión natural o artificial de captación o almacenamiento de los escurrimientos de agua de la cuenca aportadora.

Para el caso de esta ley se hace relevante lo señalado en su título quinto el cual hace referencia a la administración del agua y sus bienes inherentes y se describe:

Artículo 105.- Son aguas de jurisdicción estatal, aquéllas que se localicen en dos o más predios y que conforme al párrafo quinto del artículo 27 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, no reúnan las características de ser consideradas de propiedad de la Nación. Asimismo se estiman aguas de jurisdicción estatal, las aguas que forman parte integrante de los terrenos de propiedad del Gobierno del Estado de México, por los que corren o en lo que se encuentran sus depósitos.

La jurisdicción estatal de las aguas a que se refiere el párrafo anterior, subsistirá aun cuando las aguas no cuenten con declaratoria respectiva, emitida por el Ejecutivo del Estado, asimismo, subsistirá la propiedad de esas aguas, cuando mediante la construcción de obras, sean desviadas del cauce o de vasos originales, o se impida su afluencia a ellos. Las aguas residuales provenientes del uso de las aguas de jurisdicción estatal tendrán el mismo carácter.

## **5.3 NORMAS OFICIALES MEXICANAS EN TEMA DE AGUA**

### **5.3.1 NOM-127-SSA1-1994**

Esta Norma Oficial Mexicana publicada en 2 de Noviembre del año 2000, establece que el agua destinada para el consumo humano debe cumplir con los criterios establecidos en la Norma NOM-127-SSA1-1994 que establece los parámetros físicos y químicos del agua, así mismo las personas físicas o morales que se dediquen al proceso de producción agua purificada deben cumplir la NOM-041 que establece las especificaciones sanitarias del agua purificada envasada.

El producto objeto de esta norma, además de cumplir con lo establecido en el Reglamento, debe ajustarse a las siguientes disposiciones:

La fuente de abastecimiento de agua debe sujetarse a las disposiciones establecidas en el Reglamento.

Es importante reconocer las características físicas, químicas y biológicas del agua, a fin de mantener un estricto control de calidad en el proceso de purificación y envasado del agua de lluvia que cumpla las especificaciones establecidas en la NOM-127-SSA1-1994.

La NOM-127-SSA1-1994 indica los parámetros permisibles del agua para consumo humano, sin embargo, aún no se cuenta con una normatividad relacionada con la calidad del agua de lluvia.

### **5.3.2 NOM-002-CNA-1995**

Esta Norma publicada en el D.O.F. el 1° de Julio de 1995 establece las especificaciones y métodos de prueba que debe cumplir la toma domiciliaria para el abastecimiento de agua potable, con el fin de preservar el recurso hidráulico, sin alterar sus propiedades fisicoquímicas.

La presente Norma Oficial Mexicana es de observancia obligatoria para los responsables de la fabricación y prueba de los elementos que integran la toma

domiciliaria, de origen nacional y extranjero que se comercialicen dentro del territorio nacional, así como del proyecto e instalación de dichos elementos.

## **5.4 MARCO JURÍDICO DE LA CALIDAD DEL AGUA**

Las leyes que determinan la normativa respecto a la calidad del agua son cuatro: la Ley de Aguas Nacionales, LAN (*DOF*, 29 de abril de 2004), en la que la calidad del recurso resulta un tema destacado en relación con los efectos potenciales en la salud y el ambiente; la Ley Federal de Derechos, que en materia de agua utiliza los lineamientos de calidad de Estados Unidos del año 1989; la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, que trata, entre otros temas, la prevención y el control de la contaminación del agua y los ecosistemas acuáticos, y, por último, la Ley General de Salud, que determina los valores permisibles para el agua de consumo humano y ciertos requisitos sanitarios.

Otros elementos jurídicos de regulación de la calidad son algunas normas oficiales mexicanas (NOM) que definen las características físicas, biológicas y químicas en las que se deberán basar los análisis del agua para considerar si cumple o no con las condiciones deseables para determinados usos.

Existen problemas para la aplicación de la normatividad y vicios creados para su cumplimiento; tal es el caso de la práctica de dilución de las aguas residuales, entre otros, para lograr el ajuste a los límites permisibles.

Mazari y colaboradores (2005) resumen algunas de las limitaciones de estos instrumentos jurídicos:

- La NOM-001 se basa en la concentración de coliformes totales, pero no considera los compuestos orgánicos, aunque es la única norma que hace referencia a las condiciones necesarias del agua para riego.
- La NOM-002, al permitir a las industrias las descargas, está transfiriendo el problema de la calidad del agua a los municipios o a los estados y genera problemas

graves de operación de las plantas de tratamiento que no están diseñadas para descargas industriales.

- La NOM-003 está relacionada con la Ley de Derechos de Uso, en la que se incluye el monitoreo de los compuestos orgánicos; sin embargo, esto no se lleva a cabo debido a la carencia de herramientas tecnológicas y de personal capacitado.
- La NOM-004 clasifica los lodos a partir del contenido de microorganismos patógenos; sin embargo, se considera insuficiente e inadecuada.
- Ninguna de estas normas toma en cuenta el monitoreo de la cantidad de agentes microbiológicos.



## CAPÍTULO VI ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS



## **6.1 PARÁMETROS DE ACUERDO A LA NOM-127-SSA1-1994**

Los parámetros del agua son características físicas, químicas, biológicas y radiológicas que permiten detectar cuál es el grado de contaminación que presenta el agua, la razón principal de este problema es su estructura molecular que es dipolar, con una constante dieléctrica muy alta superior a cualquier otro líquido. Algunos de éstos se utilizan en el control de los procesos de tratamiento realizando mediciones de forma continua o discreta.

## **6.2 PARÁMETROS FÍSICOS**

### **6.2.1 Turbidez**

Es la dificultad del agua para transmitir la luz debido a materiales insolubles en suspensión, que varían en tamaño desde dispersiones coloidales hasta partículas gruesas, entre otras arcillas, limo, materia orgánica e inorgánica finamente dividida, organismos planctónicos y microorganismos.

Actualmente la turbidez se mide con un nefelómetro expresando los resultados como; Unidad de Turbidez Nefelométrica (UTN).

Las aguas subterráneas suelen tener valores inferiores a 1 ppm de sílice, pero las superficiales pueden alcanzar varias decenas. Las aguas con 1 ppm son muy transparentes hasta profundidades de 4 a 5 m. Con 10 ppm, que sería el máximo deseable para una buena operación de los filtros, la transparencia se acerca al metro de profundidad. Por encima de 100 ppm las transparencias están por debajo de los 10 cm y los filtros se obstruyen rápidamente. Con Turbidez mayor de 5 ppm es detectable, para lo cual se debe disminuir mediante los procesos de coagulación, decantación y filtración y debe de disminuir a menos de 5 ppm y en plantas que operan con agua de pozo deben disminuirla a menos de 1 ppm. (*PNUMA, 2006*)

### **6.2.2 Color**

El color es la capacidad del agua para absorber ciertas radiaciones del espectro visible. El color natural en el agua existe debido al efecto de partículas coloidales cargadas negativamente. En general, el agua presenta colores inducidos por materiales orgánicos de los suelos como el color amarillento debido a los ácidos húmicos. La presencia de hierro puede darle un color rojizo y la del manganeso, un color negro. *(PNUMA, 2006)*

### **6.2.3 Olor y sabor**

Estos parámetros son determinaciones organolépticas y subjetivas, para dichas observaciones no existen instrumentos de observación, ni registros, ni unidades de medida. Tienen un interés evidente en las aguas potables destinadas al consumo humano. Las aguas adquieren un sabor salado a partir de 300 ppm de Cl y un gusto salado y amargo con más de 450 ppm de  $SO_2$ . *(PNUMA, 2006)*

### **6.2.4 Conductividad y resistividad**

La conductividad eléctrica es la medida de la capacidad del agua para conducir electricidad. Es indicativo de la materia ionizable total presente en el agua. Las sales disueltas son las que permiten al agua conducir electricidad. El agua pura contribuye mínimamente a la conductividad, la cantidad de sales solubles en agua se mide por la electro-conductividad (EC), la resistividad es la medida recíproca de la conductividad. *(PNUMA, 2006)*

## 6.3 PARÁMETROS QUÍMICOS

### 6.3.1 Alcalinidad

La alcalinidad es una medida de la capacidad para neutralizar ácidos. Contribuyen a la alcalinidad los iones bicarbonato  $\text{CO}_3\text{H}^-$ , carbonato  $\text{CO}_3^{2-}$  e hidroxilo  $\text{OH}^-$ , pero también los fosfatos y ácidos de carácter débil. Los bicarbonatos y los carbonatos pueden producir  $\text{CO}_2$  en el vapor, que es una fuente de corrosión en las líneas de condensado. También pueden provocar espumas, o provocar arrastre de sólidos con el vapor y fragilizar el acero de las calderas.

Se mide por titulación con una solución valorada de un alcalino con un ácido según sea el caso y estos dependen de la concentración de los iones hidroxilos ( $\text{OH}^-$ ), carbonato ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) y bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ ).

Cuando la alcalinidad es menor de 10 ppm es recomendada para el uso doméstico. (PNUMA, 2006)

### 6.3.2 Coloides

Es una medida del material en suspensión en el agua que por su tamaño de alrededor de los  $10^{-4}$  -  $10^{-5}$  mm, se comporta como una solución verdadera y atraviesa el papel del filtro.

Los coloides pueden ser de origen orgánico (macromoléculas de origen vegetal) o inorgánico (óxidos de hierro y manganeso).

Se elimina por floculación, precipitación y eliminación de arcillas. (PNUMA, 2006)

### 6.3.3 Acidez mineral

Es raro que las aguas naturales presenten acidez, sin embargo las aguas superficiales pueden estar contaminadas por ácidos de drenajes mineros o industriales que pueden afectar a tuberías o calderas por corrosión.

### 6.3.4 Sulfatos

El ión sulfato ( $\text{SO}_4^{-2}$ ), corresponde a sales moderadamente solubles a muy solubles. Las aguas dulces entre 2 y 250 ppm y el agua de mar alrededor de 3000 ppm. El agua pura se satura de  $\text{Ca SO}_4$  a unas 1500 ppm.

En cantidades bajas no perjudica seriamente pero algunos centenares de ppm pueden disminuir la resistencia del hormigón. Su eliminación se realiza por intercambio iónico.

### 6.3.5 Nitratos

El ión nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) forma sales muy solubles y estables. En un medio reductor puede pasar a nitritos, nitrógeno gas e incluso amoníaco. Las aguas normales tienen menos de 10 ppm y el agua de mar hasta 1 ppm. Aguas de riego con contaminación por fertilizantes pueden tener hasta centenares de ppm.

Concentraciones muy elevadas de sólidos totales en agua para beber puede producir la cianosis infantil.

Su presencia junto con fosfatos en aguas superficiales provoca la aparición de un excesivo crecimiento de algas, se conoce como eutrofización. Su determinación se realiza por espectrofotometría. Se elimina por intercambio iónico, siendo un método no económico en los procesos de potabilización en grandes volúmenes. (PNUMA, 2006)

### **6.3.6 Sodio**

El ión sodio ( $\text{Na}^+$ ), corresponde a sales de solubilidad muy elevada y difíciles de precipitar, suele estar asociado al ión cloruro. El contenido de las aguas dulces esta entre 1 y 150 ppm, pero se pueden encontrar casos de hasta varios miles de ppm. Las aguas de mar contienen alrededor de 11,000 ppm.

Es un indicador potencial de la corrosión. La determinación se hace por fotometría de llama. El sodio se elimina por intercambio iónico, pero como ión monovalente es una de las primeras sustancias que fugan de la columna catiónica o del lecho mixto. (PNUMA, 2006)

### **6.3.7 Potasio**

El ión potasio ( $\text{K}^+$ ) corresponde a sales de muy alta solubilidad y difíciles de precipitar. Las aguas dulces no suelen tener más de 10 ppm y el agua de mar alrededor de 400 ppm. Su determinación se hace por fotometría de llama. Se elimina por intercambio iónico y ósmosis inversa.

### **6.3.8 Calcio**

El ión calcio ( $\text{Ca}^{+2}$ ) forma sales desde moderadamente solubles a muy insolubles. Precipita fácilmente como carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ). Es el principal componente de la dureza del agua y causante de incrustaciones. Las aguas dulces suelen contener de 10 a 250 ppm, pudiendo llegar hasta 600 ppm.

El agua de mar alrededor de 400 ppm. Se determina por complejometría con EDTA o NTA. Su eliminación se hace por precipitación e intercambio iónico y ósmosis inversa. (PNUMA, 2006)

### **6.3.9 Magnesio**

El ión magnesio ( $Mg^{+2}$ ), tiene propiedades muy similares a las del ión calcio, aunque sus sales son un poco más solubles y difíciles de precipitar. El hidróxido de magnesio es, sin embargo, menos soluble.

Las aguas dulces suelen contener entre 1 y 100 ppm. El agua de mar contiene alrededor de 1300 ppm. Su aparición en el agua potable con varios centenares de ppm provoca un sabor amargo y efectos laxantes. Contribuye a la dureza del agua y a pH alcalino, puede formar incrustaciones de hidróxido. (PNUMA, 2006)

## **6.4 Sólidos**

Incluye toda materia sólida contenida en los materiales líquidos y se clasifican: en sólidos disueltos, en suspensión y totales.

### **6.4.1 Sólidos disueltos.**

Los sólidos disueltos son una medida de la cantidad de materia disuelta en el agua. El origen puede ser múltiple tanto en las aguas subterráneas como en la superficial. Para las aguas potables se fija un valor máximo deseable de 500 ppm, este dato por sí sólo no es suficiente para catalogar la bondad del agua. Los procesos de tratamiento son múltiples en función de la composición incluyendo la precipitación, intercambio iónico, destilación, electrodiálisis y ósmosis inversa. (PNUMA, 2006)

### **6.4.2 Sólidos en suspensión.**

Se separan por filtración y decantación. Son sólidos sedimentables, no disueltos, que pueden ser retenidos por filtración. Las aguas subterráneas suelen tener menos de 1 ppm, las superficiales pueden tener mucho más dependiendo del origen y forma de captación. (PNUMA, 2006)

### **6.4.3 Sólidos totales.**

Es la suma de sólidos, sólidos disueltos y en suspensión. Es la materia que permanece como residuo después de evaporación y secado a 103 °C. El valor de los sólidos incluye tanto material disuelto (residuo filtrable) y no disuelto (suspendido).

### **6.4.4 Residuo Seco.**

Se llama así al peso de los materiales que quedan después de evaporar un litro de agua en cuestión. Si previamente se ha hecho una buena filtración corresponderá al peso total de sustancias, sean volátiles o no. La temperatura a que se hace la evaporación influye en los resultados, por las transformaciones que puede haber y las pérdidas, por ejemplo, de gas carbónico CO<sub>2</sub>.

## **6.5 PARÁMETROS BIOLÓGICOS**

Estos parámetros son indicativos de la contaminación orgánica y biológica; tanto la actividad natural como la humana contribuyen a la contaminación orgánica de las aguas: la descomposición animal y vegetal, los residuos domésticos, detergentes y otros.

Este tipo de contaminantes son más difíciles de controlar que los químicos o físicos y además los tratamientos deben estar regulándose constantemente.

### **6.5.1 Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)**

Mide la cantidad de oxígeno consumida en la eliminación de la materia orgánica del agua mediante procesos biológicos aerobios, se suele referir al consumo en 5 días (DBO5), también suele emplearse (DBO21) días. Se mide en ppm de O<sub>2</sub> que se consume.



Las aguas subterráneas suelen contener menos de 1 ppm, un contenido superior es sinónimo de contaminación por infiltración freática. En las aguas superficiales es muy variable y depende de las fuentes contaminantes aguas arriba. En aguas residuales domésticas se sitúa entre 100 y 350 ppm. En aguas industriales alcanza varios miles de ppm. (PNUMA, 2006)

### **6.5.2 Demanda Química de Oxígeno (DQO)**

Mide la capacidad de consumo de un oxidante químico, dicromato, permanganato, etc. Por el total de materias oxidables orgánicas e inorgánicas. Es un parámetro más rápido que el anterior ya que es la medición casi inmediata, la unidad de medida es por ppm de O<sub>2</sub>.

Las aguas no contaminadas tienen valores de DQO de 1 a 5 ppm. Las aguas residuales domésticas están entre 260 y 600 ppm. Hay un índice que indica que tipo de aguas se están analizando y se obtiene con la relación (DBO/DQO) si es menor de 0.2 el vertido será de tipo inorgánico y si es mayor de 0.6 se interpretará como un vertido orgánico. (PNUMA, 2006)

### **6.6 Parámetros bacteriológicos**

La bacteria *Escherichia coli* y el grupo coliforme en su conjunto, son los organismos más comunes utilizados como indicadores de la contaminación fecal. Las bacterias coliformes son microorganismos de forma cilíndrica, capaces de fermentar la glucosa y la lactosa. Otros organismos utilizados como indicadores de contaminación fecal son los estreptococos fecales y los clostridios.

Estos últimos son anaerobios, formadores de esporas; estas son formas resistentes de las bacterias capaces de sobrevivir largo tiempo.

El análisis del agua se realiza con el método de los tubos múltiples y se expresa en términos de el “número más probable” (índice NMP) en 100 ml de agua. Las aguas con un NMP inferior a 1, son potables.

Según el destino del agua, la eliminación de bacterias se realiza por filtración, o esterilización por luz ultravioleta, cloración y ozonización. (PNUMA, 2006)

## **6.7 Parámetros radiológicos**

Hasta hace poco tiempo este tipo de parámetros no era importante, pero conforme avanza el desarrollo industrial la presencia de sustancias radiactivas en el agua es un riesgo de relevancia creciente. Su importancia es más sanitaria que industrial.

En la actualidad se ha reconocido la necesidad de implantar normas alimentarias internacionales en consecuencia, se ha establecido el programa conjunto Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) y la Organización Mundial de la Salud (OMS) sobre normas alimentarias, y la comisión de codex alimentarius es el órgano encargado de su ejecución, esto debido a que en ciertos lugares del mundo la irradiación natural de fondo es considerable, algunos peces pueden concentrar metales pesados y de la misma manera radioisótopos como el  $^{65}\text{Zn}$ ,  $^{55}\text{Fe}$ ,  $^{90}\text{Sr}$  3.5.1 contaminantes radiactivos. (PNUMA, 2006)

## 6.8 RESULTADOS OBTENIDOS

TABLA 6.2: RESULTADOS DEL MUESTREO EN EL LABORATORIO DE QUÍMICA AMBIENTAL (AGUA POTABLE)

PARÁMETRO	UNIDADES	RESULTADO
Turbiedad	UTN	2.5
Dureza	mg/L	135.5
Sólidos disueltos totales	mg/L	450
Cloruros	mg/L	0.054
Fluoruros	mg/L	0.43
Nitrógeno amoniacal	mg/L	0.43
Nitrógeno de nitratos	mg/L	1.16
Nitrógeno de nitritos	mg/L	0.0087
Sulfatos	mg/L	2.5
Manganeso	mg/L	0.1
Coliformes totales	NMP/100ml (NMP/100 cm <sup>3</sup> )	P: 46
Coliformes fecales	NMP/100ml (NMP/100 cm <sup>3</sup> )	P: 2.2

TABLA 6.2: RESULTADOS DEL MUESTREO EN EL LABORATORIO DE QUÍMICA AMBIENTAL (AGUA DE LLUVIA)

PARÁMETRO	UNIDADES	RESULTADO
Turbiedad	UTN	0.01
Dureza	mg/L	2.6
Sólidos disueltos totales	mg/L	198
Cloruros	mg/L	47.3
Fluoruros	mg/L	0.5
Nitrógeno amoniacal	mg/L	0.5
Nitrógeno de nitratos	mg/L	0.17
Nitrógeno de nitritos	mg/L	0.01
Sulfatos	mg/L	32.4
Manganeso	mg/L	0.1
Coliformes totales	NMP/100ml (NMP/100 cm <sup>3</sup> )	LI: 33
Coliformes fecales	NMP/100ml (NMP/100 cm <sup>3</sup> )	LI:2.2

TABLA 6.3 SÍNTESIS DE RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE AGUA DE LLUVIA (LI) Y AGUA POTABLE (P)

PARÁMETROS	COLIFORMES TOTALES	46 NMP/100ml (NMP/100 cm <sup>3</sup> )
	AGUA POTABLE	
	COLIFORMES TOTALES	33 NMP/100ml (NMP/100 cm <sup>3</sup> )
	AGUA DE LLUVIA	
	COLIFORMES FECALES	2.2 NMP/100ml (NMP/100 cm <sup>3</sup> )
	AGUA POTABLE	
	COLIFORMES FECALES	2.2 NMP/100ml (NMP/100 cm <sup>3</sup> )
	AGUA DE LLUVIA	

## 6.9 ANÁLISIS DE RESULTADOS

### 6.9.1 Turbiedad

LMP (Limite Máximo Permisible)	Agua de Lluvia	Agua Potable
5 UTN	0.01 UTN	2.5 UTN

Dado el resultado obtenido del análisis de este parámetro se le considera apto pues en referencia al límite máximo permisible queda muy por debajo del valor establecido en la NOM-127-SSA1-1994. En el caso del análisis de agua potable se obtuvo una mayor turbiedad que puede responder a que el agua es extraída de un pozo profundo y por ello el valor de dicho parámetro es alto en relación al que se obtuvo del agua de lluvia.

### 6.9.2 Dureza

LMP (Límite Máximo Permisible)	Agua de Lluvia	Agua Potable
500 mg/L	2.6 mg/L	135.5 mg/L

La dureza del agua se define como la concentración de todos los cationes metálicos no alcalinos presentes en el agua y se expresa en equivalentes de carbonato de calcio y constituye un parámetro muy significativo de calidad del agua. Los resultados de este análisis indican que este parámetro se encuentra dentro del límite máximo

permisible establecido en la normatividad, cabe hacer mención que el agua de lluvia es la que cuenta con los valores más bajos de dureza y que en caso de que los resultados estuvieran fuera de los máximos permisibles el agua sería nociva a la salud humana.

### 6.9.3 Sólidos disueltos totales

LMP (Límite Máximo Permissible)	Agua de Lluvia	Agua Potable
1000 mg/L	198 mg/L	450 mg/L

Los sólidos disueltos totales comprenden las sales inorgánicas y pequeñas cantidades de materia orgánica que están disueltas en el agua. El agua potable resultó tener mayor cantidad de sólidos disueltos que el agua de lluvia, esto puede deberse a que también existen zonas ganaderas en la zona de estudio y la materia orgánica puede proceder de estos lugares, sin embargo ambas muestras se encuentran dentro del límite permisible por lo que su uso estaría dentro de la normatividad.

### 6.9.4 Cloruros

LMP (Límite Máximo Permissible)	Agua de Lluvia	Agua Potable
250 mg/L	47.3 mg/L	0.054 mg/L

Los cloruros son una de las sales que están presentes en mayor cantidad en todas las fuentes de abastecimiento de agua, si bien es cierto que el cloruro es esencial en la dieta de las personas, su exceso podría ocasionar daños en la salud. Sin embargo ambos parámetros se encuentran dentro del rango permisible que establece la NOM-127-SSA1-1994.

### 6.9.5 Fluoruros

LMP (Límite Máximo Permisible)	Agua de Lluvia	Agua Potable
1.5 mg/L	0.5 mg/L	0.43 mg/L

El flúor es uno de los elementos más comunes de la corteza terrestre. Su presencia en el agua se debe principalmente a la infiltración y disolución de este elemento del suelo y rocas que lo contienen. Ésta situación se presenta con mayor frecuencia en las aguas subterráneas, el parámetro que se indica está dentro de los límites máximos permisibles y se observa que no hay gran diferencia entre los resultados de una muestra y otra. Es importante que se considere que no excede los máximos permisibles pues el exceso de flúor en el organismo puede causar fluorosis en los huesos es decir que estos se debiliten.

### 6.9.6 Nitrógeno amoniacal

LMP (Límite Máximo Permisible)	Agua de Lluvia	Agua Potable
0.5 mg/L	0.5 mg/L	0.43 mg/L



En general, la presencia de amoníaco libre o ion amonio es considerado como una prueba química de contaminación reciente y peligrosa, la presencia de este puede deberse principalmente a que en la zona de estudio se utilizan en buena medida fertilizantes que lo contienen y que lo transportan al subsuelo a partir de la filtración. Este fue uno de los parámetros que se encontró más cerca de límite máximo permisible, incluso en el caso de la muestra de agua de lluvia se alcanzó en valor máximo que permite la norma para su uso.

### 6.9.7 Nitrógeno de nitratos

LMP (Límite Máximo Permisible)	Agua de Lluvia	Agua Potable
10 mg/L	0.17 mg/L	1.16 mg/L

La existencia de éstos en aguas superficiales no contaminadas y sin aporte de aguas industriales se debe a la descomposición de materia orgánica tanto vegetal como animal que pudiese suponer que elevaría los valores de los resultados, sin embargo, los parámetros estuvieron dentro de lo aceptable estando muy por debajo de lo establecido en la norma, se resalta que el agua de lluvia tuvo el valor más bajo en el resultado del análisis de ambas muestras.

### 6.9.8 Nitrógeno de nitritos

LMP (Límite Máximo Permisible)	Agua de Lluvia	Agua Potable
1 mg/L	0.01 mg/L	0.0087 mg/L

Este parámetro es uno de los más importantes a considerar dado que los nitritos se convierten en importante indicador de contaminación, advirtiendo sobre una nitrificación incompleta. El análisis muestra que este parámetro no sobrepasa el límite máximo permisible por lo que se considera apto para su uso en caso de que se decida integrar el sistema de captación.

### 6.9.9 Sulfatos

LMP (Límite Máximo Permisible)	Agua de Lluvia	Agua Potable
400 Mg/L	32.4 mg/L	2.5 mg/L

Cuando los sulfatos se presentan de manera natural es posible que su origen se deba a algún depósito natural de minerales o por depositación atmosférica, como el agua extraída es de un pozo profundo en el caso del agua potable podría ser que se deba a la depositación natural de minerales. La cantidad de sulfatos en ambas muestra resultado con valores muy por debajo de lo que se establece en la NOM-127-SSA1-1994.

### 6.9.10 Manganeso

LMP (Límite Máximo Permisible)	Agua de Lluvia	Agua Potable
0.15 mg/L	0.1 mg/L	0.1 mg/L

Debido a que el manganeso forma parte natural del ambiente, siempre se está expuesto a niveles bajos no solo en el agua, sino también en el aire y los alimentos.

Es común que el agua subterránea, el agua potable y el suelo contengan niveles bajos de manganeso y por esta razón en ambas muestras se identificó la presencia de este elemento, sin embargo ambas muestras obtuvieron el mismo resultado en su análisis con respecto a este parámetro siendo este aceptable de acuerdo al valor que se tiene como límite máximo permisible.

De manera general en lo que respecta a estos parámetros tanto el agua de lluvia como el agua potable se encuentran de acuerdo a la NOM-127-SSA1-1994 dado que los resultados que se obtuvieron de ambas muestras en todos los casos se ubicaron dentro de los límites máximos permisibles.

### **6.9.11 COLIFORMES FECALES Y COLIFORMES TOTALES**

Es importante señalar que se realizaron dos pruebas diferentes, una enfocada al análisis químico y otra al análisis microbiológico.

El análisis microbiológico indicó que tanto los coliformes fecales como los coliformes totales se encontraban por encima del límite máximo permisible pues en estos parámetros la norma específica como permisible solo si se tiene ausencia de éstos, por lo que este análisis indica que el agua de lluvia no se podría utilizar o que no sería posible implementar el sistema de captación dada la calidad del agua. Sin embargo estos resultados podrían deberse a que en la zona se desarrollan actividades como el cuidado de ganado bovino, este ganado excreta sobre el suelo y dicho excremento puede ser transportado tanto por el viento como por el agua transportándolo a los mantos freáticos de donde se extrae el agua.

Si se decide utilizar el agua pluvial para consumo humano ésta deberá de tratarse y eliminar los contaminantes nocivos o que se encuentran en exceso, aunque en caso de no destinarla para este uso se podría utilizar para algunos otros, pues como se observó en campo en época de lluvia algunos habitantes colocan cubetas sobre las esquinas de sus casas con la finalidad de que sirvan como goteras para captar agua

que posteriormente utilizan para el W.C. en la mayoría de los casos o para el ganado y así buscan ahorrar en lo posible el agua potable.

El caso más común que se identificó en la manzana donde se observa que rescatan el agua de lluvia es en los bordos, es un sistema muy útil pues el agua almacenada se utiliza tanto para el sector ganadero como para el agrícola siendo en este último donde tiene mayor utilidad, pues se utiliza para riego de parcelas.

Otra opción que se tiene ante la problemática de escases de agua en la comunidad es incorporar el agua que fluye sobre el Río Almoloya, sin embargo, esto implicaría mayores gastos sobre todo porque sería necesario rebombearla desde la parte baja hasta un punto único que vuelva a distribuir por gravedad a los diferentes ramales de la comunidad, además de esto la calidad del agua no sería tampoco la más adecuada así que solo podría utilizarse para irrigación o para consumo animal.

Una vez analizada la problemática en campo se identificó que sería más viable el incorporar un sistema de captación de agua pluvial (cisterna) por cada casa pues significaría un mayor rendimiento para cada familia, sin embargo, al analizar los índices de precipitación se observó que en la manzana no es constante dado que suelen presentarse años atípicos con muy poca lluvia lo que no garantizaría que la cisterna de captación cubra el volumen total de almacenaje.

# CAPÍTULO VII CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES



## 7.1 CONCLUSIONES

Se llevó a cabo el análisis de la calidad del agua de lluvia y del agua potable que es abastecida a través de la red municipal en la manzana 8 de la comunidad de San Lorenzo Toxico, ubicada en el Municipio de Ixtlahuaca. Se esperaba que la calidad del agua de lluvia estuviera dentro de los parámetros permisibles con base a la NOM-127-SSA1-1994 y que a su vez resultara viable su incorporación a la red de abastecimiento de agua potable. Sin embargo se encontraron parámetros fuera de la norma, tal es el caso de los coliformes fecales y coliformes totales lo que supondría una limitante en su incorporación.

Sin embargo, aunque algunos de estos parámetros estuvieron fuera de lo que se establece en la NOM-127-SSA1-1994 se recomienda que se tome en cuenta la implementación del sistema de captación dado que resulta necesario contar con esta agua en vista de no tener otra fuente de abastecimiento de bajo costo.

La viabilidad de implementación de un sistema de captación de agua de lluvia colectivo de tipo recolección a cisterna para fines domésticos, se ve limitada en función de los índices de precipitación encontrados en la zona de estudio durante los últimos años pues según los datos obtenidos la cantidad de lluvia ha sido considerablemente baja en los cinco últimos años.

Resulta viable la implementación de un sistema de captación de agua pluvial para abastecer a la manzana desde el punto de vista económico ya que se ha estimado un costo aproximado de \$9,400 a \$10,000, sin embargo los índices de precipitación podrían no justificar su inversión.

Con base a las características del relieve de la manzana 8, se pensaba que era posible establecer un punto de captación único para el abastecimiento de la manzana, pero de acuerdo al estudio hecho en campo se encontraron dos inconvenientes para que esto se pueda realizar, uno de ellos es que el punto de captación único sería insuficiente para abastecer a toda la manzana en temporada

de estiaje dado que la población es considerablemente alta y se necesitaría construir un sistema de captación que sea capaz de almacenar el volumen suficiente para suministrar agua a la mayoría de los habitantes de la manzana pero el mayor problema sería el de canalizar el agua suficiente para llenar dicho sistema.

El otro inconveniente encontrado es que no existe un área para la construcción del sistema de captación, se ha propuesto un lugar para su construcción basándose en las características de la zona pues se planteó su construcción en la parte más elevada de la manzana pero el propietario de dicho terreno no está de acuerdo en su construcción, por lo que se descartó esta opción tanto por la falta de un espacio donde se pueda construir como por la cantidad de agua de lluvia que se necesita para llenar el depósito de almacenaje.

A pesar de que la cantidad de precipitación hace suponer que sería poco viable la implementación del sistema de captación en la manzana 8 de la comunidad de San Lorenzo Toxico y que supondría un gasto innecesario, esta inversión se justifica si dicho sistema se lleva a cabo de manera individual o familiar, dado que en época de estiaje los habitantes de la manzana tienen que abastecerse de pipas de agua que además de ser costosas no garantizan una buena calidad del agua. Por tal motivo se ha sugerido que el sistema de captación es factible en términos económicos, dado que a largo plazo se hace una mayor inversión en la compra de pipas de agua que en la construcción del sistema.

Se llevó a cabo el análisis de calidad del agua de lluvia, encontrando sus parámetros fisicoquímicos dentro de los límites máximos permisibles por lo que podría ser utilizada, sin embargo los resultados de los análisis bacteriológicos indican que se encuentra fuera de los límites permisibles, esto atribuible a que en la zona de estudio se lleva a cabo como actividad principal la agricultura y en la mayoría de las parcelas se abona con las heces del ganado en su mayoría bovino.

Con base en la calidad encontrada, si bien algunos de los parámetros no se encuentran dentro de los máximos permisibles el agua de lluvia se podría incorporar a la red de abastecimiento de agua potable pues actualmente existen métodos

químicos para el tratamiento y purificación del agua y que no significan una vasta inversión.

La metodología de captación sugerida si bien es de bajo costo y de bajo mantenimiento puede no resultar viable en vista de los índices de precipitación de tantos años, aunque la identificación del tipo de sistema de recolección que sería el más adecuado para la posible implementación en el lugar nos permite a largo plazo en función a los cambios climáticos que va presentando el planeta , proveer para un futuro inmediato un sistema de captación o para aquellos habitantes que sin importarles la inversión deseen invertir en su construcción pues lo ven más factible dado los costos que les genera abastecerse mediante (cisternas móviles) pipas y los gastos que esto les genera anualmente.



## **7.2 RECOMENDACIÓN.**

La implementación del sistema de captación de agua de lluvia en la comunidad de San Lorenzo Toxico se puede considerar como poco viable pues a los habitantes les resulta más viable crear solo una cisterna de almacenamiento, sin embargo, es importante tomar en cuenta que como punto de interés está el entorno ambiental, por lo que se debe considerar dicho sistema como un apoyo en beneficio del ambiente, debido que al hacer uso de estos sistemas de captación se estaría reduciendo el consumo de agua que se extrae de los pozos profundos cercanos a la zona de estudio, permitiendo que estos no se sobreexploten y tengan agua disponible para generaciones futuras.

## BIBLIOGRAFÍA

- Anaya, M. 2004. Manual de sistemas de captación y aprovechamiento del agua de lluvia para uso doméstico en América Latina y el Caribe. Montecillo, México. IICA. Ed. Colegio de Posgraduados.
- Bocek, A. “Introducción a la captación del agua”, International Center for Aquaculture Swingle Hall.
- Caballero T., 2007, Captación de agua de lluvia y almacenamiento en tanques de ferrocemento. Manual técnico, Instituto Politécnico Nacional, México.
- Cajina, M. 2006. Alternativas de captación de agua para uso humano y productivo en la subcuenca del río Aguas Calientes, Nicaragua. Costa Rica: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza Tropical Agricultural CATIE.
- Calidad y tratamiento del agua “Manual de suministros de agua comunitaria”. 2002. Madrid, España. American Water Works Association. Mc Graw Hill.
- Centro Internacional de Demostración y Capacitación en Aprovechamiento de Agua de Lluvia. CIDECALLI. 2008. AGUA MARGINACIÓN Y POBREZA. Marzo-Abril, 2008. TLÁLOC.
- Comisión Nacional del Agua. “Boletín del Archivo Histórico del Agua” Captación de Agua de Lluvia. 2008, México D.F.
- Escamilla, 2010. Captación de Agua de Lluvia, Alternativa Sustentable. México: Instituto Politécnico Nacional.
- Folliot, P. et. al. 2002. Watershed Management, perspectives for the 21<sup>st</sup> Century. Kluwer Academic.
- Ghosh, S. y Desay V. 2006. Environmental Hidrology and Hydraulics, Eco-technological Practice for sustainable Development. India. Department of civil Engineering, Indian institute of technology.

- Gleick, P. The World's Water 2002-2003. The biennial report on freshwater resources.
- Gómez, L. 2009. Agua para consumo humano en comunidades de la cuenca de lago de Pátzcuaro mediante sistemas de captación y tratamiento de agua de lluvia, IX SEREA. Seminario Iberoamericano sobre Planificación, Proyecto y Operación de Sistemas de Abastecimiento de Agua, Valencia, España.
- González, R. 2006. Agua, agricultura y mitos: El caso de tres rejolladas de Chichen Itza. Museo Nacional de Arqueología y Etnología, Guatemala.
- Guerrero, R. 2008. Manual de tratamiento de aguas. México, D.F. Departamento de sanidad del estado de Nueva York.
- Instituto De Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). (2000). "Estudio Nacional del Agua" –ENA-. Bogotá.
- León E. 2008. Guía de agua y construcción sustentable. México. D.F. Fondo para la Comunicación y la Educación Ambiental AC.
- Martín, A. y González, A. 2010. Sistema de captación, almacenamiento y purificación de agua de lluvia. Morelos, México. Comisión Nacional Forestal (CONAFOR)
- Martínez, T. 2009. La crisis del agua. No. 417. México D.F. Vértigo Análisis y Pensamiento de México.
- Organización Panamericana de la Salud (2001), Guía de Diseño para Captación del Agua de Lluvia. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente.
- Pacheco, M. 2008. Avances en la Gestión Integral del Agua Lluvia (GIALL): Contribuciones al consumo sostenible del agua, el caso de "Lluviatl" en México. Cataluña: Revista Sostenibilidad, Tecnología y Urbanismo: Universidad Politécnica de Cataluña.

- Phillips, V. et.al., 2001. Manual de capacitación para la participación comunitaria. Captación de agua de lluvia como alternativa para afrontar la escasez del recurso.
- Pessoa, 2006. Historia De Los Sistemas De Aprovechamiento De Agua Lluvia. Seminario Iberoamericano sobre Sistemas de Abastecimiento Urbano de Agua.
- Rodríguez R. 2009. Estudio de viabilidad técnica y económica para el desarrollo de opciones de cosecha de lluvia y manejo adecuado en sistemas de riego en la producción agropecuaria. Costa Rica. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Junio 2010. Universidad Nacional de Costa Rica.
- Romero, J.A. 1999. Potabilización del agua. 3ra. Edición. México D.F. Alfaomega editorial.
- Sánchez, F. 2001, El Ciclo Hidrológico
- Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica (2010), “Agua Potable, Diversidad Biológica y Desarrollo”: Montreal. Guía de Prácticas Recomendadas.
- SEMARNAT 2008. Boletín del Archivo Histórico del Agua. Captación de agua de lluvia. Año 13, número especial, México, D.F. CONAGUA.
- SEMARNAT. 2010. Manual de Sistemas de Manejo Ambiental. 2da Edición. México, D.F.
- Spiro, T. y Stigliani, W. 2004. Química medioambiental. Madrid, España.
- Lezama, J. Luis y Graizbord, Boris. 2010. “Los grande problemas de México” Volumen IV, Medio Ambiente. El Colegio de México, México D.F.
- Organización Mundial de la Salud, “Guía para el Diseño de Captación de Agua de Lluvia. Lima, Perú. Enero de 2001.
- Aguilar, Enrique. 2010. “Orientaciones estratégicas sectoriales de manejo de recursos hídricos en México”. No. 140. Banco Interamericano de Desarrollo.

## FUENTES:

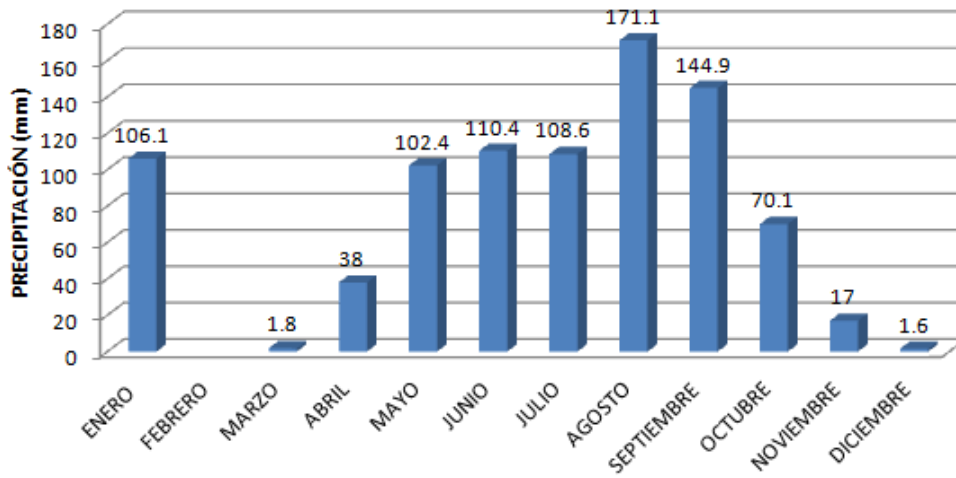
- Anaya, M. 2006. Sistemas de captación y aprovechamiento del agua de lluvia para comunidades marginadas. Disponible en: [www.cidecall.org.mx](http://www.cidecall.org.mx)
- Ballén, J. A. 2006, "Historia de los sistemas de aprovechamiento de agua lluvia". Disponible en: <http://www.lenhs.ct.ufpb.br/html/downloads/serea/6serea/TRABALHOS/trabalhoH.pdf>. Consultado: 22-07-2012
- Comisión Nacional del Agua, "Estadísticas del Agua en México". Ed. 2010, México D.F. Disponible en: <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Noticias/EAM2010.pdf> Consultado: 07-03-2012
- Instituto Nacional De Recursos Hidráulicos. Aumento de La Oferta Hídrica. Agosto 2010 disponible en: <http://www.indrhi.gob.do/portals/0/docs/Libro%20Indrhi.pdf>. Consultado: 07-03-2012
- Ley del Agua del Estado de México y Municipios. Disponible en: <http://www.edomex.gob.mx/legistelfon/doc/pdf/ley/vig/leyvig002.pdf>. Consultado: 08-06-2012
- Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). 2006 Calidad Y Normatividad Del Agua Para Consumo Humano. Disponible en: <http://www.pnuma.org/reccat/esp/documentos/cap5.pdf>. Consultado: 07-03-2011
- Ramsar. 2007. Manuales Ramsar para el uso racional de los humedales. Secretaría de la Convención de Ramsar.3ra Edición. vol. 14. Gland. Suiza Disponible en: <http://www.ramsar.org/cda/ramsar/display/main/main.jsp?zn=ramsar> Consultado: 15-05-2012

- Rodríguez, Ileana M. “Manejo de aguas residuales domésticas descargadas a fosas sépticas”. Revista Ciencia Cierta No.28 Diciembre 2011. Universidad Autónoma de Coahuila. Disponible: <http://www.postgradoeinvestigacion.uadec.mx/CienciaCierta/CC28/4.htm>. Consultado: 16-04-2012
- Sánchez, F. 2004. El Ciclo Hidrológico. España. Universidad de Salamanca Dpto. Geología. Disponible en: <http://web.usal.es/javisan/hidro>. Consultado: 07-02-2012

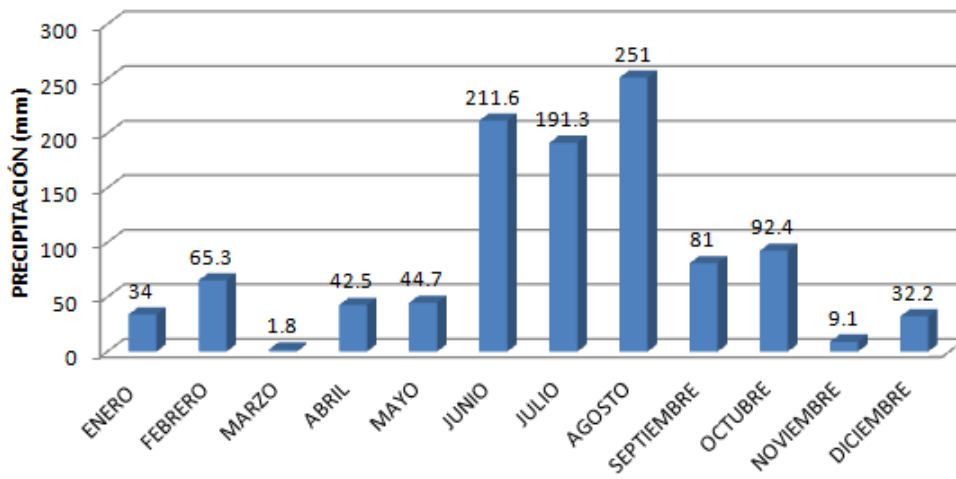
## ANEXOS

1. Gráficas de precipitación correspondientes al periodo comprendido de los años 1980-2007.

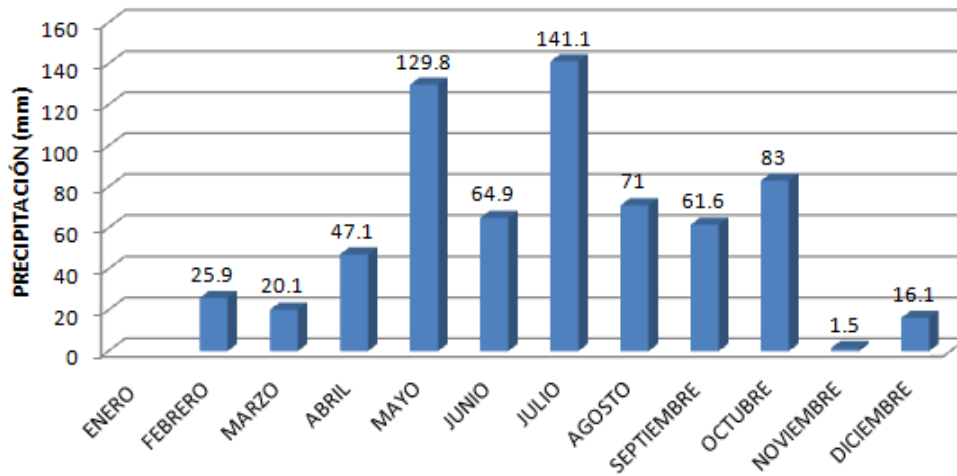
### ESTACIÓN ATOTONILCO PRECIPITACIÓN MENSUAL (1980)



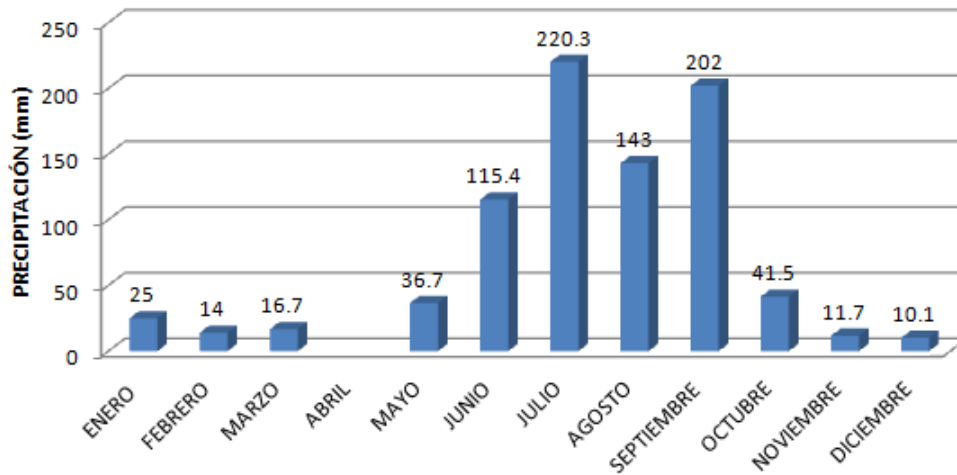
### ESTACIÓN ATOTONILCO PRECIPITACIÓN MENSUAL (1981)



### ESTACIÓN ATOTONILCO PRECIPITACIÓN MENSUAL (1982)

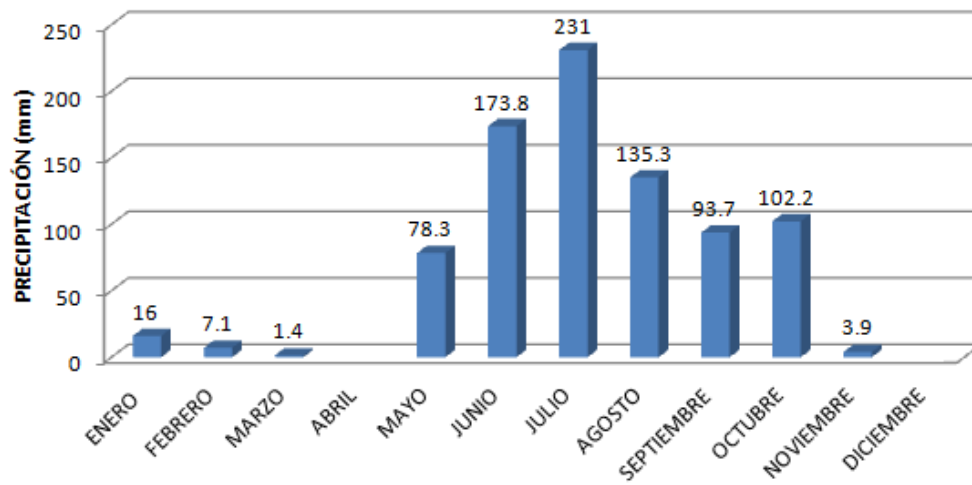


### ESTACIÓN ATOTONILCO PRECIPITACIÓN MENSUAL (1983)

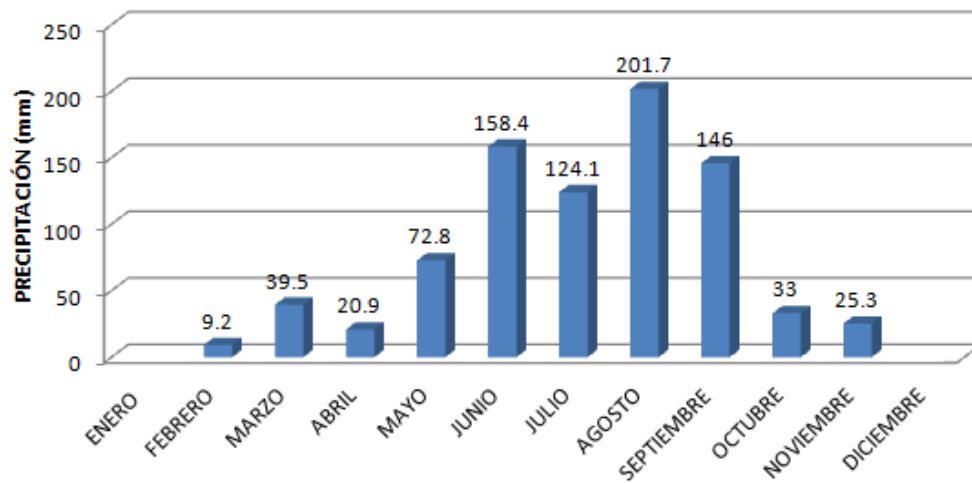




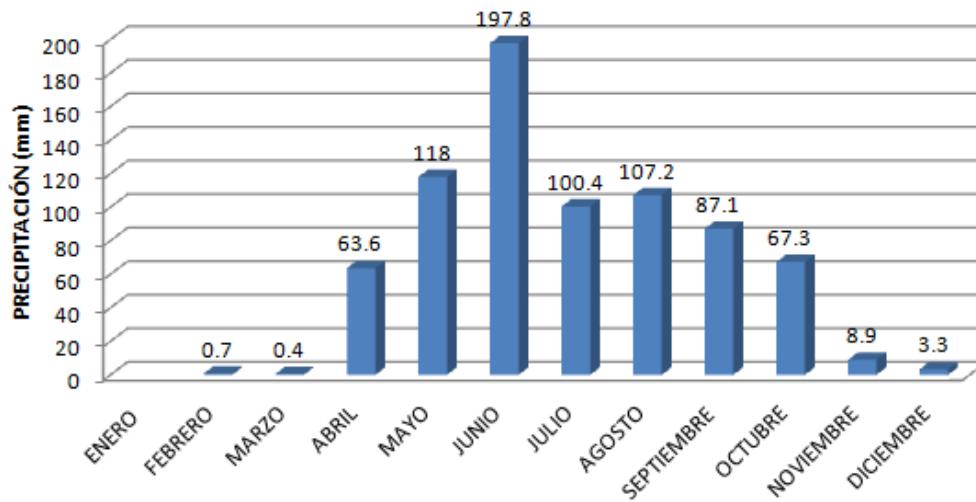
### ESTACIÓN ATOTONILCO PRECIPITACIÓN MENSUAL (1984)



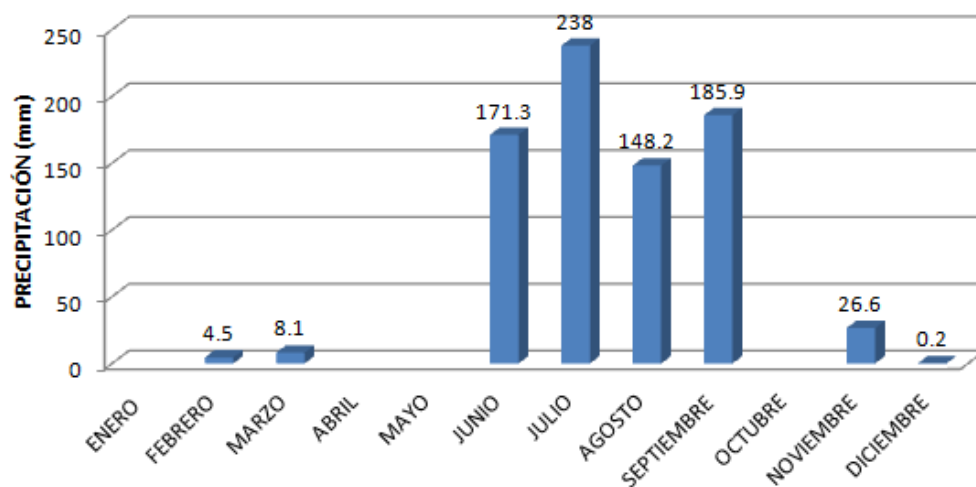
### ESTACIÓN ATOTONILCO PRECIPITACIÓN MENSUAL (1985)



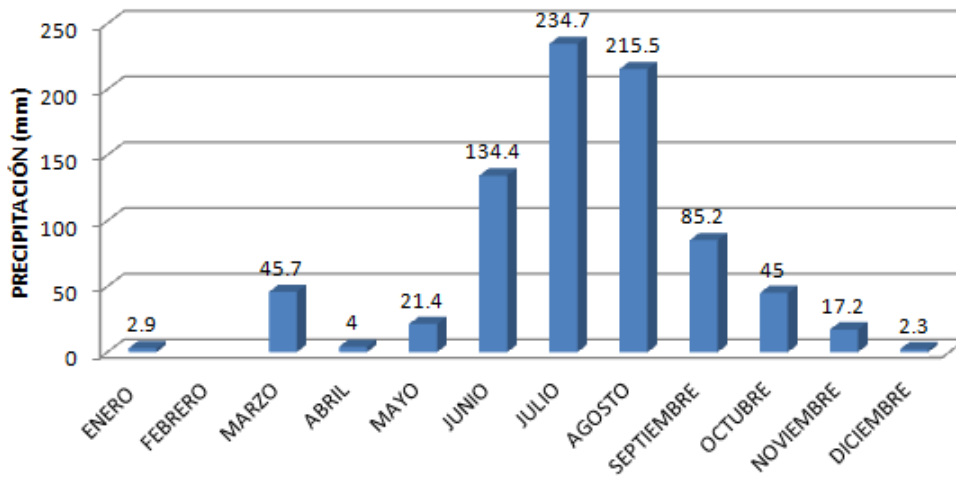
### ESTACIÓN ATOTONILCO PRECIPITACIÓN MENSUAL (1986)



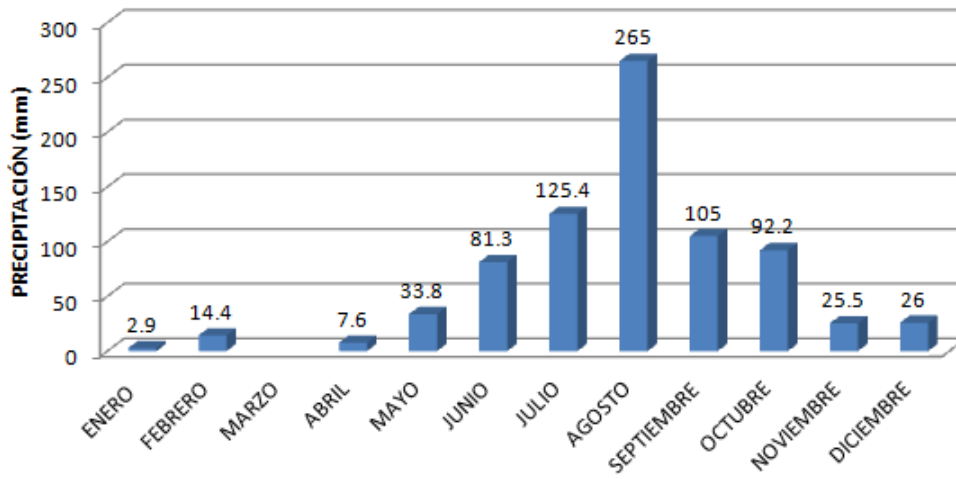
### ESTACIÓN ATOTONILCO PRECIPITACIÓN MENSUAL (1987)



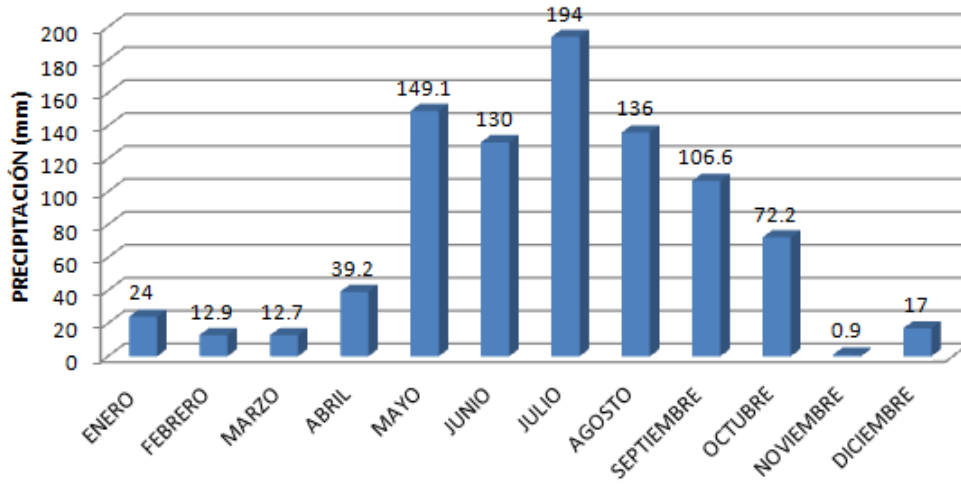
### ESTACIÓN ATOTONILCO PRECIPITACIÓN MENSUAL (1988)



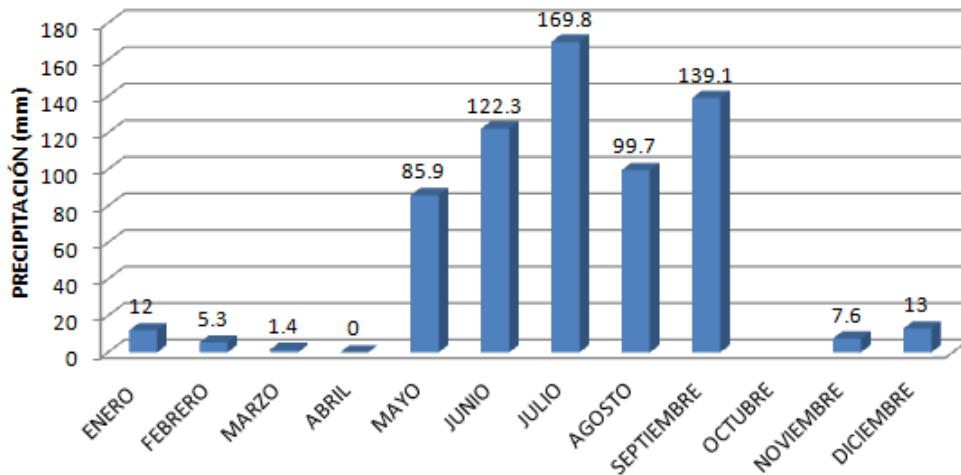
### ESTACIÓN ATOTONILCO PRECIPITACIÓN MENSUAL (1989)



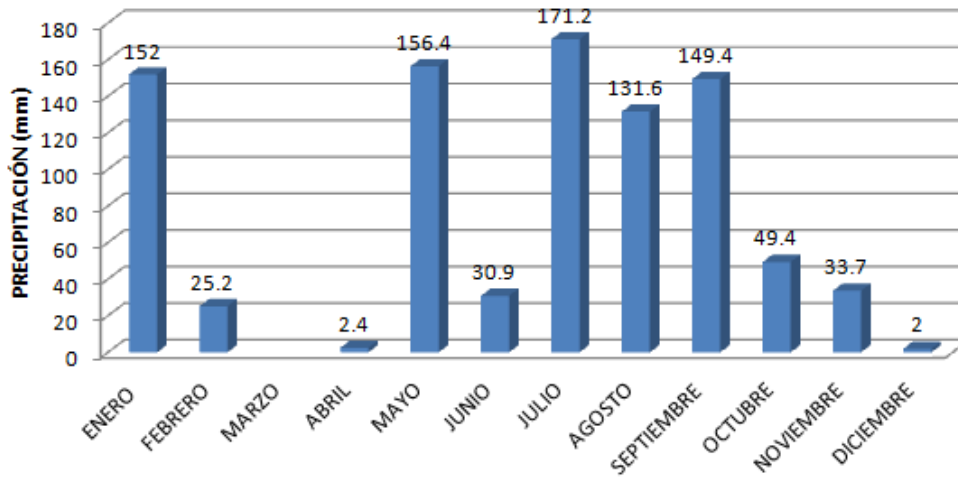
### ESTACIÓN ATOTONILCO PRECIPITACIÓN MENSUAL (1990)



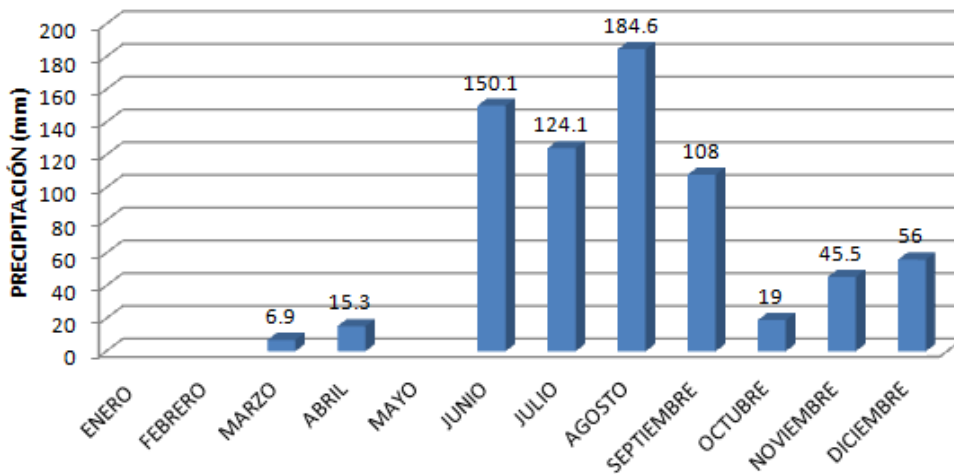
### ESTACIÓN ATOTONILCO PRECIPITACIÓN MENSUAL (1991)



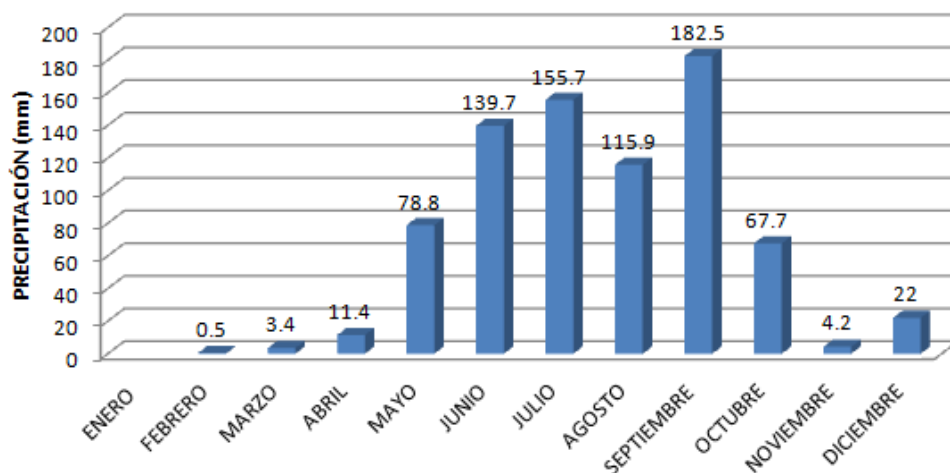
### ESTACIÓN ATOTONILCO PRECIPITACIÓN MENSUAL (1992)



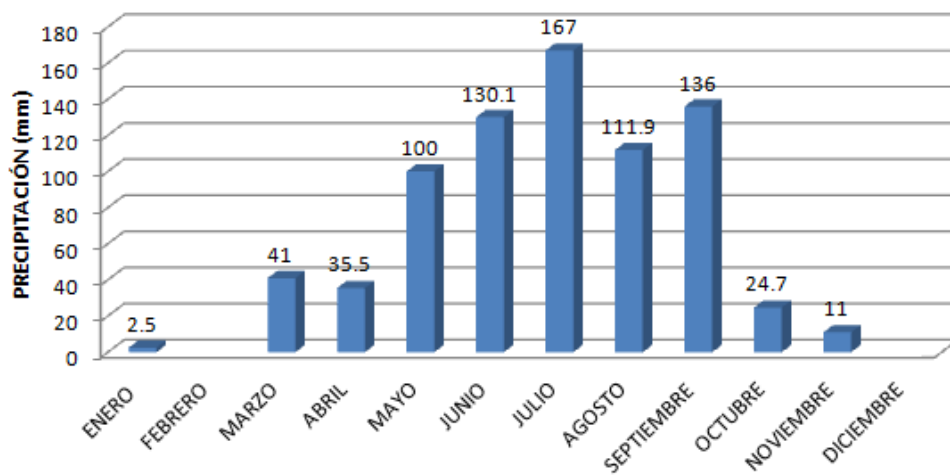
### ESTACIÓN ATOTONILCO PRECIPITACIÓN MENSUAL (1995)



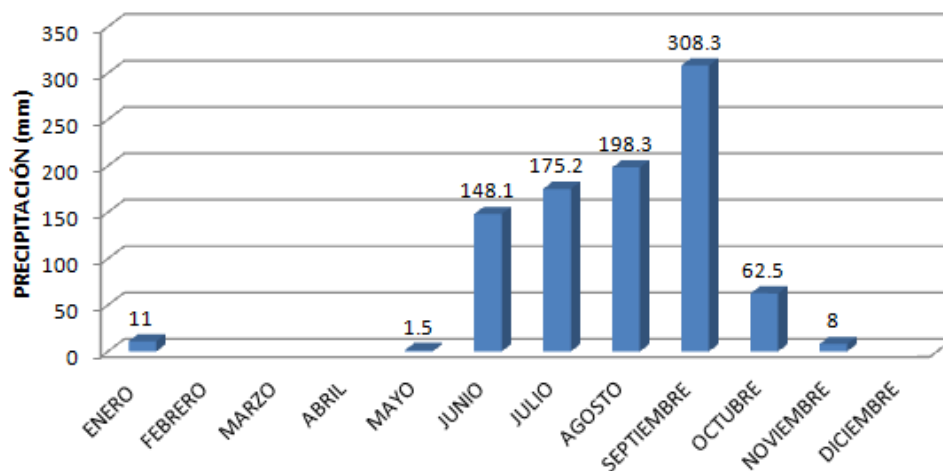
### ESTACIÓN ATOTONILCO PRECIPITACIÓN MENSUAL (1996)



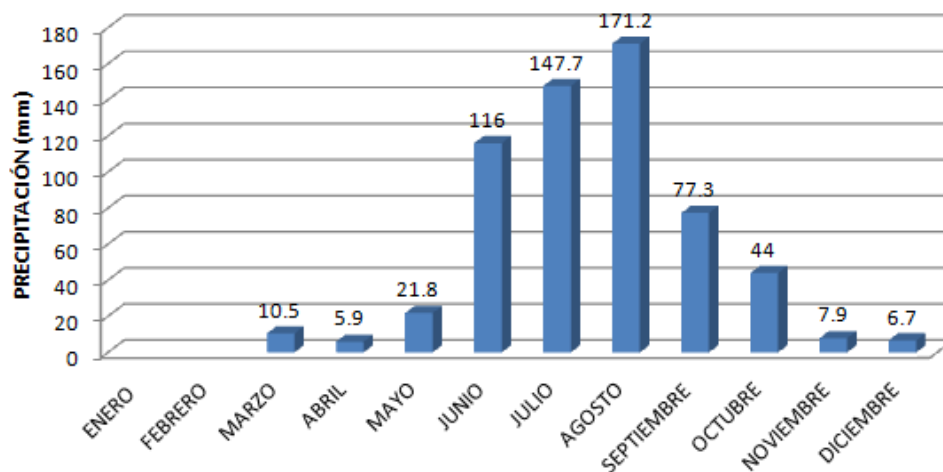
### ESTACIÓN ATOTONILCO PRECIPITACIÓN MENSUAL (1997)



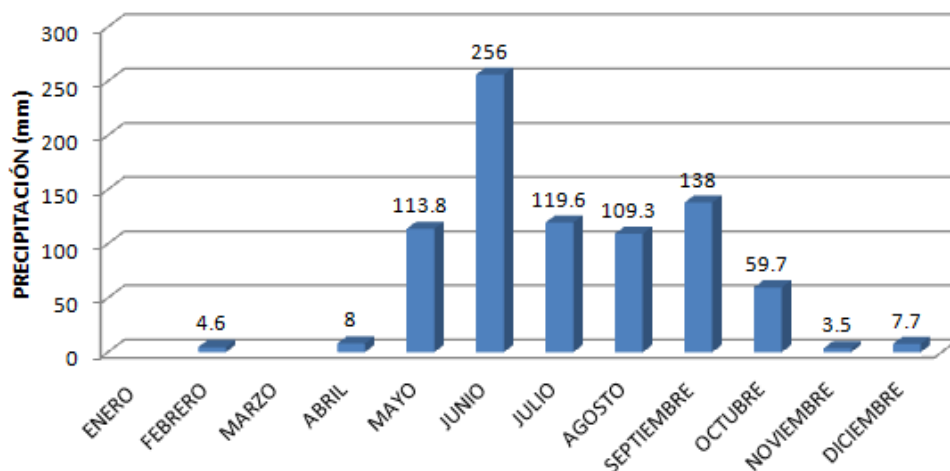
### ESTACIÓN ATOTONILCO PRECIPITACIÓN MENSUAL (1998)



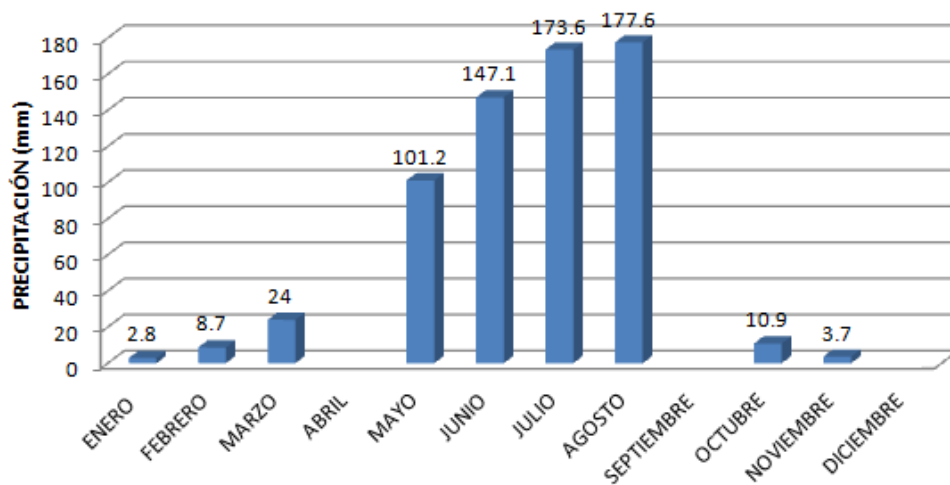
### ESTACIÓN ATOTONILCO PRECIPITACIÓN MENSUAL (1999)



### ESTACIÓN ATOTONILCO PRECIPITACIÓN MENSUAL (2000)

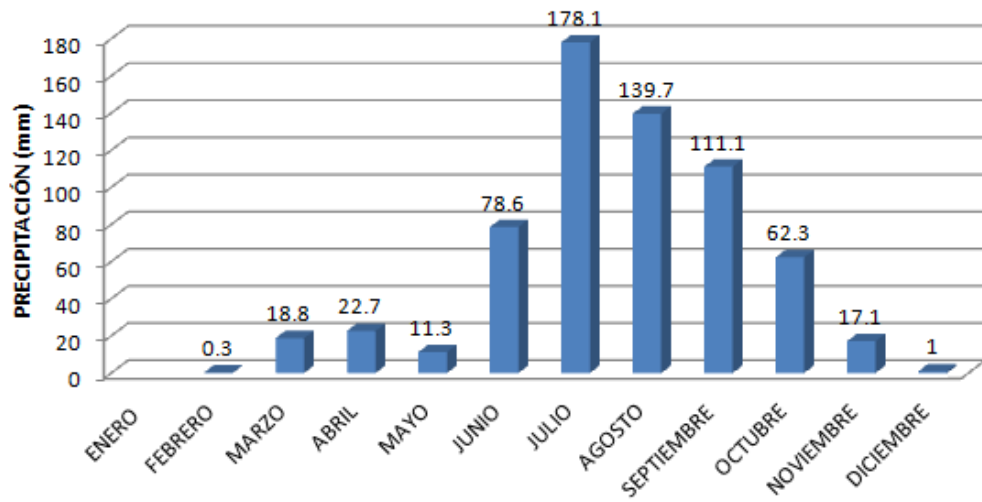


### ESTACIÓN ATOTONILCO PRECIPITACIÓN MENSUAL (2001)

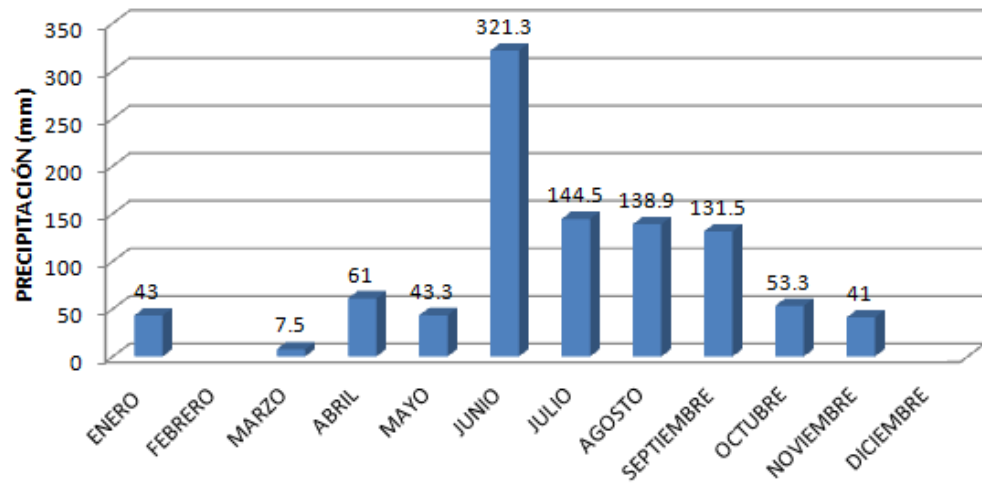




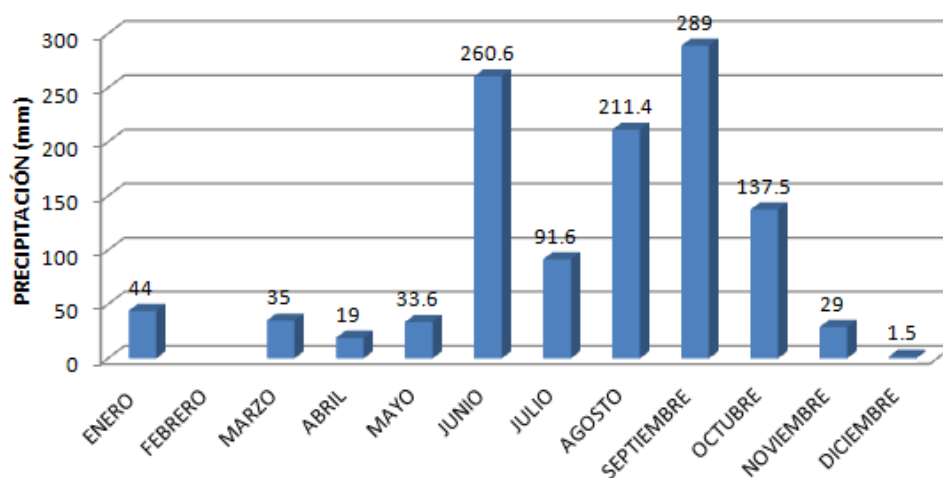
### ESTACIÓN ATOTONILCO PRECIPITACIÓN MENSUAL (2002)



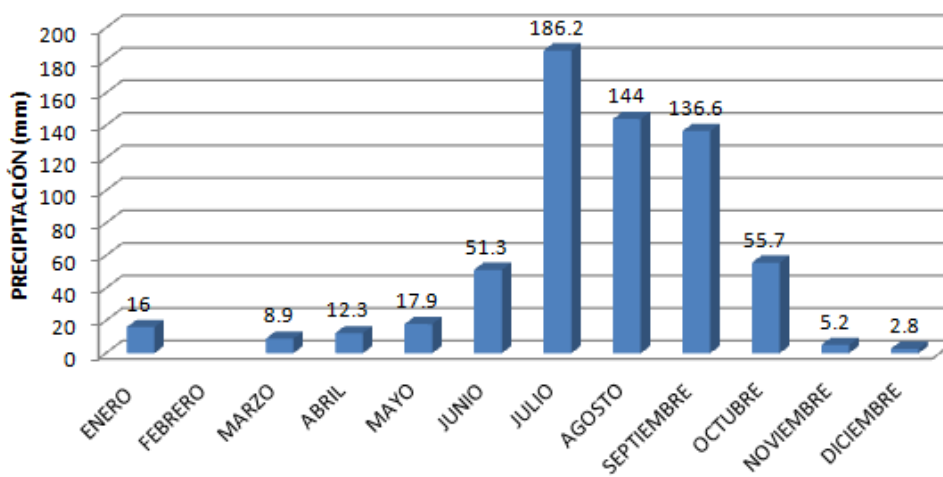
### ESTACIÓN ATOTONILCO PRECIPITACIÓN MENSUAL (2003)



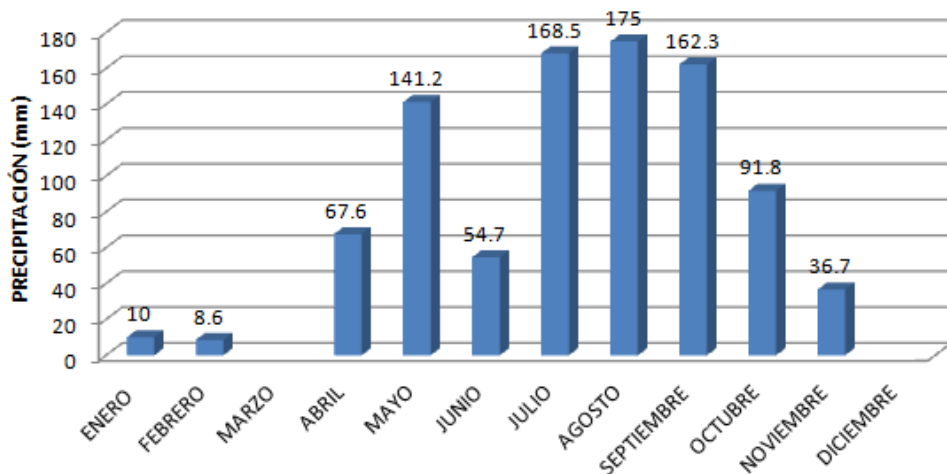
### ESTACIÓN ATOTONILCO PRECIPITACIÓN MENSUAL (2004)



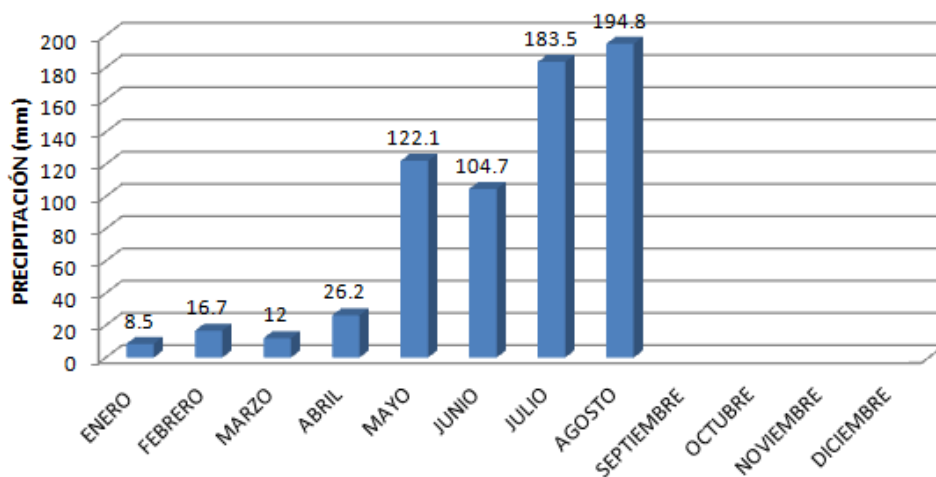
### ESTACIÓN ATOTONILCO PRECIPITACIÓN MENSUAL (2005)



### ESTACIÓN ATOTONILCO PRECIPITACIÓN MENSUAL (2006)



### ESTACIÓN ATOTONILCO PRECIPITACIÓN MENSUAL (2007)



## 2. Informes de análisis de calidad de Agua Potable y Agua de Lluvia.

Universidad Autónoma del Estado de México  
 UAEM

Facultad de Química  
**INFORME DE ENSAYOS**  
**DEPARTAMENTO DE QUÍMICA AMBIENTAL**

00192  
 Coordinación de Servicios

Página: 1/2  
 Folio: 11-2058  
 Fecha de reporte: 08Dic2011

**DATOS DEL CLIENTE**

NOMBRE : PABLO MARTINEZ MARTINEZ  
 DIRECCIÓN: SAN LORENZO TOXICO MANZANA # 8, IXTLAHUACA, MEXICO  
 ATENCIÓN A: PABLO MARTINEZ MARTINEZ

**DATOS DE LA MUESTRA**

DESCRIPCIÓN: AGUA POTABLE  
 IDENTIFICACIÓN: SAN LORENZO TOXICO

**DATOS DEL MUESTREO**

MONITOR: CLIENTE  
 LUGAR: NO ESPECIFICADO  
 FECHA: NO ESPECIFICADA

FECHA DE RECEPCIÓN: 24 DE NOVIEMBRE DE 2011  
 PROCEDIMIENTO UTILIZADO: NO ESPECIFICADO  
 CONDICIONES AMBIENTALES DEL MUESTREO: NO ESPECIFICADO  
 NORMA DE MUESTREO APLICADA: NO ESPECIFICADA

PARÁMETROS	RESULTADOS	LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES	UNIDADES	REFERENCIA	FECHA DE ANÁLISIS
CLORO LIBRE RESIDUAL <i>in situ</i>	< 0,01	0,2-1,50	mg/L	NOM-201-SSA1-2002	20111124
pH a 25°C	8,32	6,5-8,5	Unidades de pH	NMX-F-534-1992	20111129
TURBIEDAD	< 2,5	5	UTN	NOM-201-SSA1-2002	20111129
SÓLIDOS DISUELTOS TOT.	450	1 000,00	mg/L	NMX-F-527-1992	20111125
NITROGENO AMONICAL	0,43	0,50	mg/L	METODO INTERNO	20111129
				NMX-AA-026-SCFI-2001	
NITROGENO DE NITRITOS	< 0,008 7	10,0	mg/L	NOM-201-SSA1-2002	20111205
NITROGENO DE NITRATOS	1,16	1,00	mg/L	NOM-201-SSA1-2002	20111205
CLORUROS	0,054	250,00	mg/L	NMX-F-532-1994	20111208
DUREZA TOTAL	135,5	500,00	mg/L CaCO3	NMX-F-517-1992	20111208
FLUORUROS	0,43	1,50	mg/L	NOM-201-SSA1-2002	20111205
SULFATOS	< 2,5	400,00	mg/L	NMX-F-518-1992	20111129
MANGANESO	< 0,1	0,15	mg/L	NOM-117-SSA1-1994	20111125

OBSERVACIONES - MAXIMOS PERMISIBLES SEGÚN LA NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-127-SSA1-1994  
 UTN= UNIDADES DE TURBIDEZ NEFELOMETRICAS  
 < = MENOR A

REVISO Y APROBO  
  
 Q. SERGIO A. SALAZAR MAYA  
 CED. PROF. 630690  
 JEFE DE DEPARTAMENTO

ESTE INFORME CORRESPONDE ÚNICAMENTE A LOS RESULTADOS DE LA MUESTRA SOMETIDA A PRUEBA Y QUEDA PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL DEL PRESENTE INFORME SIN AUTORIZACIÓN PREVIA DE LA COORDINACIÓN.

FMT-0022-4 ecg

---

Paseo Colón Esq. Paseo Tollocan Tel.: (01-722) 2-17-41-20 E-mail: fqservicios@yahoo.com.mx Toluca, Edo. de Méx.



INFORME DE ENSAYOS  
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA AMBIENTAL

Página: 1/2  
Folio: 11-1781  
Fecha de reporte: 21Oct2011

**DATOS DEL CLIENTE**

NOMBRE : PABLO MARTINEZ MARTINEZ  
DIRECCIÓN: SAN LORENZO TOXICO MANZANA # 8, IXTLAHUACA, MEXICO  
ATENCIÓN A: PABLO MARTINEZ MARTINEZ

**DATOS DE LA MUESTRA**

DESCRIPCIÓN: AGUA  
IDENTIFICACIÓN: AGUA DE LLUVIA

**DATOS DEL MUESTREO**


MONITOR: CLIENTE  
LUGAR: NO ESPECIFICADO  
FECHA: NO ESPECIFICADA

FECHA DE RECEPCIÓN: 10 DE OCTUBRE DE 2011  
PROCEDIMIENTO UTILIZADO IDO-5006  
CONDICIONES AMBIENTALES DEL MUESTREO: NORMALES  
NORMA DE MUESTREO APLICADA: NMX-014-SSA1-1993

PARÁMETROS	RESULTADOS	LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES	UNIDADES	REFERENCIA	FECHA DE ANÁLISIS
COLOR LIBRE RESIDUAL <i>in situ</i>	< 0,01	0,2-1,50	mg/L	NOM-201-SSA1-2002	20111010
pH <i>in situ</i>	7,67	6,5-8,5	Unidades de pH	NMX-F-534-1992	20111010
TURBIEDAD	< 2,5	5	UTN	NOM-201-SSA1-2002	20111010
SÓLIDOS DISUELTOS TOT.	198	1 000,00	mg/L	NMX-F-527-1992	20111018
NITROGENO AMONICAL	0,5	0,50	mg/L	METODO INTERNO NMX-AA-026-SCFI-2001	20111012
NITROGENO DE NITRATOS	0,17	10,0	mg/L	NOM-201-SSA1-2002	20111010
NITROGENO DE NITRITOS	0,01	1,00	mg/L	NOM-201-SSA1-2002	20111010
CLORUROS	47,3	250,00	mg/L	NMX-F-532-1994	20111010
DUREZA TOTAL	2,6	500,00	mg/L CaCO3	NMX-F-517-1992	20111010
FLUORUROS	0,5	1,50	mg/L	NOM-201-SSA1-2002	20111011
SULFATOS	32,4	400,00	mg/L	NMX-F-518-1992	20111013
MANGANESO	< 0,1	0,15	mg/L	NOM-117-SSA1-1994	20111014

OBSERVACIONES.- MAXIMOS PERMISIBLES SEGÚN LA NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-127-SSA1-1994  
UTN= UNIDADES DE TURBIDEZ NEFELOMETRICAS  
< = MENOR A

REVISO Y APROBO:

  
Q. SERGIO A. SALAZAR MAYA  
CED. PROF. 630690  
JEFE DE DEPARTAMENTO

ESTE INFORME CORRESPONDE ÚNICAMENTE A LOS RESULTADOS DE LA MUESTRA SOMETIDA A PRUEBA Y QUEDA PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL DEL PRESENTE INFORME SIN AUTORIZACIÓN PREVIA DE LA COORDINACIÓN.

FMT-0022-4

ecg

**INFORME DE PRUEBAS  
DEPARTAMENTO DE MICROBIOLOGÍA**

Página: 2/2  
Folio: 11-2058  
Fecha de reporte: 01Dic2011

**DATOS DEL CLIENTE**

NOMBRE : PABLO MARTINEZ MARTINEZ  
DIRECCIÓN: SAN LORENZO TOXICO MANZANA # 8, IXTLAHUACA, MEXICO  
ATENCIÓN A: PABLO MARTINEZ MARTINEZ

**DATOS DE LA MUESTRA**

DESCRIPCIÓN: AGUA POTABLE  
IDENTIFICACIÓN: SAN LORENZO TOXICO

**DATOS DEL MUESTREO**

MONITOR: CLIENTE  
LUGAR: NO ESPECIFICADO  
FECHA: NO ESPECIFICADA

FECHA DE RECEPCIÓN: 24 DE NOVIEMBRE DE 2011  
FECHA DE INICIO DE PRUEBA: 24 DE NOVIEMBRE DE 2011  
PROCEDIMIENTO UTILIZADO: NO ESPECIFICADO  
CONDICIONES AMBIENTALES DEL MUESTREO: NO ESPECIFICADO  
NORMA DE MUESTREO APLICADA: NO ESPECIFICADA

PARÁMETROS	RESULTADOS	LÍMITES MAXIMOS PERMISIBLES	UNIDADES	REFERENCIA
COLIFORMES TOTALES en caldo lactosado o caldo lauril sulfato triptosa, incubados 48 horas a $35 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ y caldo bislis verde brillante, incubados 48 horas a $35 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$	46	AUSENCIA o N.D.	NMP/100mL (NMP/100cm <sup>3</sup> )	NOM-112-SSA1-1994
COLIFORMES FECALES (en caldo lauril sulfato triptosa) incubados 48 horas a $35 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ y en caldo EC incubados 48 horas a $44,5 \pm 0,2^{\circ}\text{C}$	2,2	AUSENCIA o N.D.	NMP/100mL (NMP/100cm <sup>3</sup> )	NOM-145-SSA1-1995 APÉNDICE NORMATIVO B

OBSERVACIONES: MAXIMOS PERMISIBLES SEGÚN LA NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-127-SSA1-1994  
N.D. = NO DETECTABLE

REVISÓ Y APROBO:

Q.F.B. BERTHA JAUREGUI RODRIGUEZ  
CED. PROF. 837292  
JEFE DE DEPARTAMENTO

ESTE INFORME CORRESPONDE ÚNICAMENTE A LOS RESULTADOS DE LA MUESTRA SOMETIDA A PRUEBA Y QUEDA PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL DEL PRESENTE INFORME SIN PREVIA AUTORIZACIÓN DE LA COORDINACIÓN.

FMT-0022-4

ecg



INFORME DE PRUEBAS  
DEPARTAMENTO DE MICROBIOLOGÍA

Página: 2/2  
Folio: 11-1781  
Fecha de reporte: 17Oct2011

**DATOS DEL CLIENTE**

NOMBRE : PABLO MARTINEZ MARTINEZ  
DIRECCIÓN: SAN LORENZO TOXICO MANZANA # 8, IXTLAHUACA, MEXICO  
ATENCIÓN A: PABLO MARTINEZ MARTINEZ

**DATOS DE LA MUESTRA**

DESCRIPCIÓN: AGUA  
IDENTIFICACIÓN: AGUA DE LLUVIA

**DATOS DEL MUESTREO**

MONITOR: CLIENTE  
LUGAR: NO ESPECIFICADO  
FECHA: NO ESPECIFICADA

FECHA DE RECEPCIÓN: 10 DE OCTUBRE DE 2011  
FECHA DE INICIO DE PRUEBA: 10 DE OCTUBRE DE 2011  
PROCEDIMIENTO UTILIZADO: NO ESPECIFICADO  
CONDICIONES AMBIENTALES DEL MUESTREO: NO ESPECIFICADO  
NORMA DE MUESTREO APLICADA: NO ESPECIFICADA

PARÁMETROS	RESULTADOS	LÍMITES MAXIMOS PERMISIBLES	UNIDADES	REFERENCIA
COLIFORMES TOTALES en caldo lactosado o caldo lauril sulfato triptosa, incubados 48 horas a $35 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ y caldo bilis verde brillante, incubados 48 horas a $35 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$	33	AUSENCIA o N.D.	NMP/100mL (NMP/100cm <sup>3</sup> )	NOM-112-SSA1-1994
COLIFORMES FECALES (en caldo lauril sulfato triptosa) incubados 48 horas a $35 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ y en caldo EC incubados 48 horas a $44,5 \pm 0,2^{\circ}\text{C}$	2,2	AUSENCIA o N.D.	NMP/100mL (NMP/100cm <sup>3</sup> )	NOM-145-SSA1-1995 APÉNDICE NORMATIVO B

OBSERVACIONES: MAXIMOS PERMISIBLES SEGÚN LA NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-127-SSA1-1994  
N.D. = NO DETECTABLE

REVISO Y APROBO:

  
Q.F.B. BERTHA JÁUREGUI RODRÍGUEZ  
CED. PROF. 837292  
JEFE DE DEPARTAMENTO

ESTE INFORME CORRESPONDE ÚNICAMENTE A LOS RESULTADOS DE LA MUESTRA SOMETIDA A PRUEBA Y QUEDA PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL DEL PRESENTE INFORME SIN PREVIA AUTORIZACIÓN DE LA COORDINACIÓN.

FMT-0022-4

ecg