



---

---

# UNIVERSIDAD VERACRUZANA

## FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA

### ESPECIALIDAD EN DIAGNÓSTICO Y GESTIÓN AMBIENTAL

*“Análisis de los manantiales de Xalapa, para su  
posible uso público urbano”*

### TRABAJO RECEPCIONAL

Que para obtener el grado de:

ESPECIALISTA EN

**DIAGNÓSTICO Y GESTIÓN AMBIENTAL**

Presentan:

*Contreras Gutiérrez Efrén  
Ledezma Santos Alejandra  
Tobón Osorio Aurelio*

Julio de 2007.

## CONTENIDO

ANTECEDENTES.....	5
INTRODUCCIÓN.....	7
CAPÍTULO I. EL AGUA	
1.1 DEFINICIÓN .....	11
1.2 CICLO DEL AGUA.....	11
1.3 DISTRIBUCIÓN NATURAL DEL AGUA EN NUESTRO PLANETA .....	13
1.4 DEFINICIÓN DE MANANTIAL Y CLASIFICACIÓN .....	14
1.5 USOS DEL AGUA Y SU CONTAMINACIÓN	
1.5.1 USOS DEL AGUA .....	15
1.5.2 CONTAMINACIÓN DEL AGUA.....	16
1.6 MUESTREO Y CARACTERÍSTICAS DEL AGUA	
1.6.1 MUESTREO .....	19
1.6.2 CARACTERÍSTICAS DEL AGUA.....	20
1.7 AFORO Y SUS DIFERENTES TIPOS .....	23
1.8 CONSUMO DE AGUA DOMÉSTICO. ....	27
1.9 PROBLEMÁTICA SOCIAL DE LA DEMANDA DE AGUA .....	28
CAPÍTULO II. ÁREA DE ESTUDIO	
2.1 LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA.....	32
2.2 MEDIO ABIÓTICO	
2.2.1 CLIMA.....	33
2.2.2 HIDROLOGÍA .....	35
2.2.3 OROGRAFÍA .....	37
2.2.4 SUELO .....	38
2.3 MEDIO BIÓTICO	
2.3.1 FLORA.....	38
2.3.2 FAUNA .....	41
2.4 ASPECTO SOCIOECONÓMICO.....	42
2.5 DEMOGRAFÍA .....	43
2.6 EDUCACIÓN.....	44
2.7 VIVIENDA .....	45
2.8 SALUD .....	46

CAPÍTULO III. METODOLOGIA	
3.1 IDENTIFICACIÓN Y LOCALIZACIÓN DE LOS MANANTIALES .....	48
3.2 AFORO .....	50
3.3 CRITERIO DE SELECCIÓN DE LOS MANANTIALES .....	51
3.4 MUESTREO .....	51
3.5 ANÁLISIS DE LABORATORIO .....	52
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	
4.1 LOCALIZACIÓN DE LOS MANANTIALES .....	54
4.2 AFORO .....	55
4.2.1 GASTO DE LOS MANANTIALES (L/DÍA) Y NÚMERO ESTIMADO DE BENEFICIADOS EN LA TEMPORADA DE ESTIAJE.....	56
4.3 RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS BACTERIOLÓGICOS Y FISICOQUÍMICOS DEL AGUA DE CADA MANANTIAL. ....	57
4.4 RESULTADOS DEL GRADO DE URBANIZACIÓN DE LOS MANANTIALES.	60
4.5 IDENTIFICACIÓN DE LA VEGETACIÓN .....	61
4.6 FUENTES DE CONTAMINACIÓN .....	65
4.7 DISCUSIÓN .....	66
CONCLUSIONES .....	69
PROPUESTAS .....	70
ANEXO 1 .....	73
ANEXO 2 .....	76
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	78

## ÍNDICE DE TABLAS

1. TIPO DE USUARIO DOMÉSTICO.....	27
2. CONSUMO DOMÉSTICO <i>PER-CAPITA</i> .....	28
3. CLASIFICACIÓN DEL CLIMA POR SU TEMPERATURA.....	28
4. CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS DE XALAPA.....	34
5. TIPOS DE ÁRBOLES DE LA REGIÓN DE XALAPA.....	40
6. LA FAUNA REPRESENTATIVA DE XALAPA.....	41
7. ACTIVIDADES HUMANAS EN EL MUNICIPIO DE XALAPA.....	43
8. SUPERFICIE TERRITORIAL, POBLACIÓN Y DENSIDAD DE POBLACIÓN DE XALAPA.....	44
9. NIVEL ESCOLAR DEL MUNICIPIO DE XALAPA.....	44
10. DISPONIBILIDAD DE SERVICIOS EN LA VIVIENDA EN LA REGIÓN DE XALAPA.....	46
11. HOJA DE REGISTRO DE LOS MANANTIALES DEL MUNICIPIO DE XALAPA.....	49
12. HOJA DE REGISTRO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DEL ÁREA (30 M <sup>2</sup> ) QUE RODEA A CADA MANANTIAL.....	49
13. PARÁMETROS DE REGISTRO PARA LOS MANANTIALES DEL MUNICIPIO DE XALAPA.....	52
14. COORDENADAS GEOGRÁFICAS DE LOS MANANTIALES DEL MUNICIPIO DE XALAPA.....	54
15. GASTO DE LOS MANANTIALES DURANTE DOS MESES DE ESTIAJE Y SU USO ACTUAL.....	56
16. GASTO TOTAL DE LOS MANANTIALES (L/DÍA) Y EL NUMERO DE PERSONAS BENEFICIADAS EN LA ÉPOCA DE ESTIAJE.....	57
17. RESULTADO DE LOS ANÁLISIS BACTERIOLÓGICOS Y FISICOQUÍMICOS DEL MANANTIAL EL CHORRITO.....	58
18. RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS BACTERIOLÓGICOS Y FISICOQUÍMICOS DEL MANANTIAL TECHACAPA.....	59
19. RESULTADO DE LOS ANÁLISIS BACTERIOLÓGICOS Y FISICOQUÍMICOS DEL MANANTIAL CASA BLANCA.....	60
20. VEGETACIÓN IDENTIFICADA EN EL MANANTIAL DE EL CHORRITO.....	62

21. VEGETACIÓN IDENTIFICADA EN EL MANANTIAL DE TECHACAPA.....	63
22 VEGETACIÓN IDENTIFICADA EN EL MANANTIAL DE CASA BLANCA.....	64

### **ÍNDICE DE FIGURAS**

1. CICLO DEL AGUA.....	12
2. LOCALIZACIÓN DE LA CIUDAD DE XALAPA.....	32
3. MUNICIPIO DE XALAPA Y SUS LÍMITES GEOGRÁFICOS.....	33
4. RÍOS DE LA CIUDAD DE XALAPA.....	36
5. UBICACIÓN DE LOS MANANTIALES DEL MUNICIPIO DE XALAPA.....	55

## **ANTECEDENTES**

El nombre de Xalapa proviene del vocablo Náhuatl, Xalla-a-pan que significa “En el cerro del Arenal, Xalapa es una población prehispánica muy antigua.

El imponente cofre de Perote ha sido el monumento natural más propicio de la vida de Xalapa y sus alrededores. A lo largo de los siglos, ha abastecido de agua a la región y ha contribuido a definir su clima, además de favorecer la proliferación de la flora y fauna (Broca, 2003).

La topografía del lugar condicionó la configuración de Xalapa, pues el trazo de regla y cordal, es decir de calles rectas y paralelas, resultaban inoperantes a causa de las inclinadas pendientes del entorno y de la presencia de chorros de agua provenientes de manantiales que brotan del subsuelo de la población

La presencia de manantiales de fresca agua dulce fue una de las principales dádivas de esta tierra maravillosa y rica como un recurso natural. Aquí y allá, en sitios que hoy conocemos como el parque Juárez, los Tecajetes y Xallitic, el agua parecía brotar copiosamente, formando pequeñas corrientes que escurrían hacia zonas bajas. Tanto los manantiales como los ríos eran beneficiados por la acción hidrodinámica de los cerros (Navarrete et al., 2001).

La primitiva población de Xalapa fue totonaca y está se asentó en torno de tres manantiales que se nombran Tecuanapan, Techacapa, y Xallitic donde abrían de surgir los barrios de Xallapan “manantial en la arena”, Xallitic “dentro de la arena” y Techacapan “arroyo que corre entre piedra arenisca”. Hubo un área importante Tlalmecapan “arroyo donde se midieron las tierras”, además de la loma de San Pedro, junto al arroyo salía el manantial de los Tecajetes, (Bermúdez, 2003).

Desde la época colonial Xalapa no necesitaba de otras regiones para el abasto de agua a la ciudad ya que la calidad de agua de sus manantiales era suficiente en ese periodo.

Los manantiales de Xalapa se utilizan para abasto público, recreación, riego agricultura y acuacultura, para determinar su calidad en 1997 se realizó un estudio fisicoquímico y bacteriológico de los siguientes manantiales localizados en el parque de los Tecajetes, en los Lagos, en el parque Juárez, en Techacapa, en Xalitic y en Murillo Vidal, los estudios demostraron que más del 85% de estos manantiales rebasan los límites permisibles por la norma oficial en bacterias fecales y coliformes totales (Clemente, 1997).

En otros municipios del estado de Veracruz también existen manantiales, tal es el caso de Platón Sánchez, Naranjos y Tihuatlán, por mencionar algunos. En el caso del municipio de Emiliano Zapata existe un estudio para determinar la calidad del agua de un manantial para uso acuícola, en este caso se encontró un incremento de los niveles de calcio, así como de las bacterias coliformes totales y de las bacterias coliformes fecales, mientras que los niveles de magnesio fueron bajos, se concluye que la calidad del agua de este manantial no es apta para usar y consumir, mientras que para uso acuícola solo es para algunas especies -trucha y mojarra- (Alarcón, 2005).

Así mismo, en el municipio de Banderilla se han estudiado los siguientes manantiales: Poza verde, Palenquillo, La mistela, Ocotita, Álamos 1, La Fragua. Sus análisis bacteriológicos demostraron que todos los manantiales presentaron bacterias coliformes totales y bacterias coliformes fecales que rebasan los límites establecidos por la normatividad vigente (Landa, 2006).

## **INTRODUCCIÓN.**

En marzo del 2006, se llevó a cabo en la ciudad de México, el IV Foro Mundial del Agua, denominado “Acciones locales para un desafío global”, su objetivo fue despertar la conciencia sobre la problemática actual de la carencia del agua y hacer una invitación a los gobiernos, a la sociedad civil, a los sectores académicos e industriales, a la juventud y niñez, y a los medios de comunicación a tener una participación más activa para el uso y manejo de este vital líquido.

En dicho Foro se destacó el siguiente planteamiento: El agua no tiene sustituto y toda la vida gira en su entorno, nada puede reemplazarla y con el aumento de la población, la carrera desenfrenada de su mal uso y la contaminación, llegará el momento que este vital líquido, pasará a ser un recurso no renovable.

De acuerdo a reportes del Fondo de Población de la Naciones Unidas, donde establece que la población mundial se triplicó en los últimos setenta años, en tanto que el consumo del agua se sextuplicó y con cifras de más de mil millones de personas que carecen de agua potable y con más del 90% de las aguas utilizadas en los países en desarrollo que regresan a la tierra a los mantos acuíferos sin ningún tratamiento, se da la predicción que para los próximos 25 años, un tercio de la población mundial va a carecer de agua.

El problema de la carencia de agua no excluye al municipio de Xalapa, donde actualmente existen 80 asentamientos irregulares (colonias populares) que requieren de servicios públicos (electricidad, agua potable, pavimentación, teléfono, etc.) y de todos ellos, el de mayor demanda es el agua potable.

La necesidad de obtener agua para satisfacer a la población va en aumento y se ha tenido la necesidad de obtenerla de lugares aledaños a este municipio, como ejemplo es el caso del municipio de Quimixtlán, que se localiza en la parte centro-este del estado de Puebla, donde se ubica el río Huitzilapan, el cual tiene una descarga de 1,000 litros por segundo (l/s). Cabe destacar que este río es el principal proveedor de agua al municipio de Xalapa desde hace más de 20 años,

aunque también se recibe agua de otros afluentes como el Altópixquiac, el Zocoyolapan con un caudal de 100 l/s, el arroyo cinco palos con 10 l/s y la presa medio pixquiac. Estos afluentes descargan su agua a la presa “Los Colibríes” localizada en el municipio del Chilchotla, Puebla, desde este municipio hay una distancia de 64 km. para llegar al municipio de Xalapa, el cual brinda un servicio de cobertura en agua potable a una población de aproximadamente de 512,000 habitantes con una demanda promedio de agua de 1,440 l/s.

Sin embargo, la cantidad de agua que brindan a la población estos afluentes, no es suficiente para cubrir la demanda de este vital líquido, por lo tanto, es necesaria la búsqueda de otras alternativas que permitan menguar este problema de abastecimiento.

Es importante destacar que el municipio de Xalapa cuenta con las condiciones de cobertura vegetal, suelo, clima e hidrología que proporcionan un buen suministro de agua al municipio, ya que brindan una precipitación de 1,350 mm anualmente (Soto; Gómez, 1990) que recarga a los mantos acuíferos a través de la infiltración.

Esta puede ser una alternativa para abastecer al municipio de agua, por lo que el uso de estos mantos acuíferos o manantiales, debe ir acompañado de un buen manejo de las reservas del subsuelo, con el fin de asegurar el caudal para garantizar la presencia de agua en el futuro.

## **OBJETIVO GENERAL**

Diagnosticar el estado actual de los manantiales ubicados en el municipio de Xalapa para su posible uso público urbano.

## **OBJETIVOS PARTICULARES**

- Identificar y aforar los manantiales del municipio de Xalapa.
- Muestrear y caracterizar las aguas de los manantiales seleccionados, para determinar su calidad conforme a la normatividad vigente.

# **CAPÍTULO I**

## **EL AGUA**

## **1.1 DEFINICIÓN**

El agua, como sustancia química está formada por hidrógeno y oxígeno, su fórmula es H<sub>2</sub>O. Es una sustancia relativamente abundante en la Tierra. Existe en varias formas y lugares, principalmente en los océanos y las capas polares, pero también en las nubes, lluvias, ríos, etc. Es un componente fundamental para todas las formas de vida conocidas.

El agua es la única sustancia que se encuentra en los tres estados materiales en la tierra (gas, líquido y sólido). El agua no tiene color, olor ni sabor. Al agua químicamente pura se le llama agua destilada, y no tiene sustancias disueltas, es nada más H<sub>2</sub>O. El punto de ebullición del agua a nivel del mar es de 100° C, y su punto de congelación es de 0° C. La densidad del agua es 1g/mL. La densidad del agua sólida es menor a la del agua líquida, es de 0.917 g/ml. El agua tiene una tensión superficial muy elevada. La tensión superficial, para dejar claro, consiste en que las moléculas de la superficie del agua se juntan más y con más fuerza y esto impide que las moléculas de abajo se evaporen.

El calor específico del agua es de 1cal/°C-g. El agua es considerada un solvente universal, ya que es el líquido que más sustancias disuelve porque es una molécula polar. Las moléculas de agua están unidas por lo que se llama puentes de hidrógeno. La molécula del agua tiene un ángulo de 105°. El agua es un termorregulador (Perry et al, 2005).

## **1.2 CICLO DEL AGUA**

Es el proceso de circulación del agua entre los distintos compartimentos de la hidrósfera. Se trata de un ciclo biogeoquímico en el que hay una intervención mínima de reacciones químicas, y el agua solamente se traslada de unos lugares a otros o cambia de estado físico como se puede ver en la figura 1. La imagen forma las fases del ciclo hidrológico en la naturaleza.



Figura 1. Ciclo del agua. Fuente: U.S. Department of the interior, geological survey.

El agua toma diferentes formas en la tierra: vapor y nubes en el cielo, olas y témpanos de hielo flotante en el mar, glaciares en las montañas, acuíferos en el suelo, por nombrar algunos. A través de la evaporación, precipitación y escorrentía el agua se encuentra en continuo movimiento, fluyendo de una forma a otra en lo que es llamado el ciclo del agua (Lorente, 2003).

Los diferentes cambios de estado en el agua consisten en sólido, líquido y gas.

Estado sólido.

Al estar el agua en estado sólido, todas las moléculas se encuentran unidas mediante un enlace de hidrógeno, que es un enlace intermolecular y forman una estructura parecida a un panal de abejas, lo que explica que el agua sea menos densa en estado sólido que en líquido. La energía cinética de las moléculas es muy baja, es decir que las moléculas están casi inmóviles.

Estado líquido.

Cuando el agua está en estado líquido, al tener más temperatura, aumenta la energía cinética de las moléculas, por lo tanto el movimiento de las moléculas es mayor, produciendo quiebres en los enlaces de hidrógeno, quedando algunas moléculas sueltas y la mayoría unidas.

Estado gaseoso.

Cuando el agua es gaseosa, la energía cinética es tal que se rompen todos los enlaces de hidrógeno, quedando todas las moléculas libres. El vapor de agua es tan invisible como el aire; el vapor que se observa sobre el agua en ebullición o en el aliento emitido en aire muy frío, está formado por gotas microscópicas de agua líquida en suspensión, lo mismo que las nubes (Perry et al., 2005).

### **1.3 DISTRIBUCIÓN NATURAL DEL AGUA EN NUESTRO PLANETA**

El agua se encuentra en estado natural en nuestro planeta en cuatro grandes grupos que son:

Agua atmosférica. Corresponde al agua presente en la atmósfera principalmente en nubes, tiene como características a los gases en disolución como: CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, NO, O<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, CH<sub>4</sub>, poco contenido de minerales, con mayor a menor concentración dependiendo la zona donde se estudie (Orozco et al, 1995).

Agua superficial. Esta se divide en dos grandes grupos:

a) Aguas superficiales fluviales. Como su nombre lo indica estas contienen flujo, su composición depende del tipo de terreno que atraviesa y varía con respecto al tramo que se desea estudiar. Su velocidad depende del gasto y pendiente del terreno donde pasa (USGS, 2007).

b) Aguas superficiales embalsadas y lacustre. Estas tienen como característica la estratificación (sedimentación de materia orgánica hasta convertirla en pantano,

también denominado etapas de vida de este tipo de aguas), en estas se consideran dos zonas: La superficial, que contiene materia orgánica y elevado oxígeno disuelto y algunas especies oxidantes como son: O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, SO<sub>4</sub>, NO<sub>2</sub>, Fe(III), Mn(IV) y la zona profunda que contiene concentraciones bajas de oxígeno disuelto, materia orgánica en descomposición, sedimentaciones y especies reductoras como son: CH<sub>4</sub>, NH<sub>3</sub>, Fe(II), Mn(II). (Orozco et al, 1995).

Aguas marinas. Estas son las que existen en mayor cantidad sobre nuestro planeta, es toda la superficie oceánica, junto con las zonas polares y/o glaciales, zonas profundas (lagunas), poseen alto contenido de salinidad, es el depósito del resto de las aguas restantes que también se les denomina aguas dulces, estas aguas tiene dos zonas, una oxidada y otra reductora, la primera con alta materia orgánica, donde se lleva a cabo la fotosíntesis y la segunda generadora de vida anaerobia, materia orgánica en degradación (ídem).

Aguas subterráneas y edáficas. Estas se generan por filtración en suelos porosos, tienen intercambio de iones durante el lixiviado del suelo que genera la ausencia de materia en suspensión y de color, contiene especies con bajo grado de oxidación como: Fe(II), Mn(II), H<sub>2</sub>S. Estas pueden tener brotes hacia la superficie que denominamos manantiales (USGS, 2007).

#### **1.4 DEFINICIÓN DE MANANTIAL Y CLASIFICACIÓN**

Un manantial es una fuente superficial de agua de origen subterráneo que se produce a favor de grietas o cambios de litología, en lugares donde la superficie topográfica corta al nivel freático. Estos pueden ser permanentes o intermitentes, cuales se indican más adelante, estos pueden tener origen atmosférico (agua de lluvia que se filtra en la tierra y surge en otro lugar a menor altitud) o ígneo, dando lugar a manantiales de agua caliente o aguas termales, calentadas por contacto con rocas ígneas (Custodio; Llamas, 1983).

a) Manantiales permanentes. Estos son los manantiales que durante todo el año poseen agua.

b) Manantiales intermitentes. Estos son los manantiales que sólo durante cierto periodo del año poseen agua, por lo general es en tiempo de lluvias que difieren en fechas en cada lugar.

## **1.5 USOS DEL AGUA Y SU CONTAMINACIÓN**

### **1.5.1 USOS DEL AGUA**

Dependiendo del uso que el ser humano le otorgue al agua, se divide en 6 grupos:

- Agua para uso y consumo humano. Es aquella que no contiene contaminantes objetables, ya sean químicos o agentes infecciosos y que no causa efectos nocivos al ser humano (NOM-127-SSA1-1994).
- Agua para uso agrícola. Es aquella que es utilizada para cultivo y cosecha de productos agrícolas. (Mendoza; Delgado, 1997).
- Agua para uso en acuicultura. Es el agua destinada para la reproducción y desarrollo de cualquier especie de flora y fauna acuáticas (ídem).
- Agua para uso pecuario. Se utiliza para el fin de engordar al ganado ya sea bovino, porcino, vacuno y de aves (ídem).
- Agua para uso industrial. Se utiliza para la transformación de cualquier producto, agua para generación de energía, de enfriamiento y lavado de equipos (ídem).
- Agua potable. Agua con cualidades compatibles con nuestro cuerpo, que en exceso causan daño al ser humano (ídem).

## **1.5.2 CONTAMINACIÓN DEL AGUA**

La contaminación se define como la presencia en el ambiente de uno o más contaminantes o cualquier combinación de ellos que perjudique o resulte nocivo a la vida, la salud y el bienestar humano, a la flora y a la fauna o que degraden la calidad del aire, del agua, del suelo o de los bienes y recursos en general (Freeman, 1987).

Existen contaminantes físicos que afectan el aspecto del agua y cuando flotan o se sedimentan, interfieren con la flora y fauna acuáticas. Son líquidos insolubles o sólidos de origen natural y diversos productos sintéticos, que son arrojados al agua como resultado de las actividades del hombre; así como, espumas, residuos oleaginosos y la contaminación térmica (Breach, 1978).

Existen los contaminantes químicos que incluyen compuestos orgánicos e inorgánicos. Los contaminantes inorgánicos son diversos productos disueltos o dispersos en el agua que provienen de descargas domésticas, agrícolas e industriales o de la erosión del suelo. Los principales son cloruros, sulfatos, nitratos y carbonatos. También desechos ácidos, alcalinos y gases tóxicos disueltos en el agua como los óxidos de azufre, de nitrógeno, amoníaco, cloro y ácido sulfhídrico. Gran parte de estos contaminantes son liberados directamente a la atmósfera y bajan arrastrados por la lluvia. Esta lluvia ácida, tiene efectos nocivos que pueden observarse tanto en la vegetación como en edificios y monumentos de las ciudades industrializadas (Freeman, 1987).

Los contaminantes orgánicos son compuestos disueltos o dispersos en el agua que provienen de desechos domésticos, agrícolas, industriales y de la erosión del suelo. Son desechos humanos y animales, de rastros o mataderos, de procesamiento de alimentos para humanos y animales, diversos productos químicos industriales de origen natural como aceites, grasas, breas y tinturas, y diversos productos químicos sintéticos como pinturas, herbicidas, insecticidas, etc. Las concentraciones anormales de compuestos de nitrógeno en el agua, tales

como el amoníaco o los cloruros, se utilizan como índice de la presencia de dichas impurezas contaminantes en el agua.

Mientras que los contaminantes biológicos incluyen hongos, bacterias y virus que provocan enfermedades. Algunas bacterias son inofensivas y otras participan en la degradación de la materia orgánica contenida en el agua. Ciertas bacterias descomponen sustancias inorgánicas. La eliminación de los virus que se transportan en el agua es un trabajo muy difícil y costoso. Los fertilizantes químicos aumentan el rendimiento de las tierras de cultivo, pero su uso repetido conduce a la contaminación del agua. Además, los fosfatos y nitratos son arrastrados por las aguas superficiales a los lagos y ríos, donde producen eutrofización y también contaminan las corrientes freáticas (Haro, 1983).

También existen otros contaminantes como los metales pesados (plomo, cadmio, mercurio, etc.), ciertos plaguicidas, cianuros, hidrocarburos, arsénico y fenol que provocan prácticamente la destrucción de los ecosistemas acuáticos y también serios daños a las personas que consuman agua o sus productos contaminados por esta clase de productos químicos. La acumulación de contaminantes en los lagos, ríos y mares, provoca diferentes efectos en sus características físicas, químicas y biológicas de diferente manera, en casos como los de algunas partículas sedimentables o de colores, sus efectos son limitados o de pocas consecuencias y en otros casos como el cambio de temperatura o putrefacción de materia orgánica, causa efectos dañinos transitorios pero severos.

El estado natural del agua puede ser afectado por procesos naturales. Toda el agua pura procede de la lluvia, a veces antes de llegar al suelo recibe su primera carga contaminante, que se disuelven sustancias, como óxidos de azufre y de nitrógeno que la convierten en lluvia ácida. Una vez en el suelo, el agua discurre por la superficie e infiltra hacia capas subterráneas. Es el agua de escorrentía, que en las capas y las granjas se satura de pesticidas del exceso de nutrientes y en las ciudades arrastra productos como aceite de agua, metales pesados como el

plomo y el cadmio, esto genera bioacumulación, estas vendrían siendo las aguas residuales, que son las que vienen con excrementos y coliformes fecales (Carwardine, 1992).

Los mares y los océanos contienen una enorme cantidad de agua, por eso poseen mayor capacidad de autodepuración (proceso natural de eliminación de los contaminantes) que los ríos y los lagos. Sin embargo, esa capacidad se ve superada por tantos residuos que, al ser arrojados en los cursos de agua, finalmente llegan al mar. Muchos de ellos son transportados por los descomponedores en materiales que pueden ser utilizados por los organismos marinos. En cambio otros al acumularse, ocasionan graves problemas de contaminación. La contaminación suele ser mayor en los lugares cercanos a las zonas densamente pobladas y con muchas industrias.

Otra causa de contaminación la constituyen los fertilizantes y pesticidas que son arrastrados hacia el mar. Además, los derrames de petróleo, provocan las llamadas mareas negras. Éstas se extienden muchos kilómetros (km.) de distancia y ocasionan graves daños en los ecosistemas marinos (Breach, 1978).

El agua subterránea se contamina por los residuos cloacales que se infiltran a través del suelo; con materiales provenientes de basurales, que se escurren con el agua de riego. La autodepuración, es más lento en las aguas subterráneas que en las superficiales. Debido a que los acuíferos constituyen una de las reservas de agua dulce de nuestro planeta, es muy importante cuidarlas y evitar su contaminación, con esta, los organismos, poblaciones y ecosistemas padecen de efectos nocivos los cuales se indican a continuación:

- Perjuicios a la salud humana (intoxicaciones, enfermedades infecciosas y crónicas, muerte).
- Daños a la flora y fauna (eutrofización, enfermedad y muerte).

- Alteraciones de ecosistemas (erosión, eutrofización, acumulación de compuestos dañinos persistente, destrucción).
- Molestias estéticas (malos olores, sabores y apariencia desagradable).

## 1.6 MUESTREO Y CARACTERÍSTICAS DEL AGUA

### 1.6.1 MUESTREO

Una muestra es una parte o porción representativa del algo que deseamos conocer, pueden existir la muestra simple que consiste en tomar una sola muestra al azar del agua que necesitamos para su análisis; la muestra promedio, que se obtiene a partir del promedio aritmético del resultado de varias muestras simples a intervalos de horas, días, etc.

La muestra compuesta según su volumen se obtiene mezclando varias muestras simples de igual volumen, colectadas todas en lapso de tiempo determinado y a intervalos fijos. Indica en forma más precisa la calidad promedio del agua, y la muestra promedio según su masa contaminante, que solo se ocupa en descargas ya sean industriales o domésticas y consisten en hacer una mezcla a partir de varias muestras tomadas en proporción al gasto.

Este método también está basado en la masa de los componentes, en lugar de su concentración química.

$$VR = VT / Qp * N \quad (1)$$

Donde:

VR = Volumen de la muestra por unidad del gasto.

VT = Volumen total de la muestra.

Qp = Gasto promedio.

N = Número de muestras.

## **1.6.2 CARACTERÍSTICAS DEL AGUA**

La normatividad vigente para uso y consumo humano, indica que las características del agua se dividen en características físicas, químicas y biológicas, las cuales se indican a continuación:

Características físicas.

Color. El agua de uso doméstico e industrial tiene como parámetro de aceptación la de ser incolora, pero en la actualidad, gran cantidad del agua disponible se encuentra colorida y se tiene el problema de que no puede ser utilizada hasta que no se le trata removiendo dicha coloración. Las aguas superficiales pueden estar coloridas debido a la presencia de iones metálicos naturales (hierro y manganeso), humus, materia orgánica y contaminantes domésticos e industriales como en el caso de las industrias de papel, curtido y textil. El color que en el agua produce la materia suspendida y disuelta, se le denomina "color aparente", una vez eliminado el material suspendido, el color remanente se le conoce como "color verdadero" siendo este último la medición verdadera a determinar (Hazon, 1986).

Sabor y Olor. También llamados organolépticos (basado a los órganos sensoriales olfato, oído, vista, gusto). El olor se debe principalmente a sustancias orgánicas. Algunos olores señalan el aumento de la actividad biológica y otros por contaminación industrial. El sabor es detectado por las papilas gustativas, estas sólo detecta elementos inorgánicos tales como: magnesio, calcio, sodio, cobre, hierro, zinc, ciertas sales como: bicarbonato de sodio y cloruro de calcio. El sabor se definen como desagradables y no desagradables (OPS, 1987).

Turbiedad. Es la expresión de la propiedad óptica de la muestra que causa que los rayos de luz sean dispersados y absorbidos, en lugar de ser transmitidos en línea recta a través de la muestra. La turbiedad en el agua puede ser causada por la presencia de partículas suspendidas y disueltas de gases, líquidos y sólidos, tanto orgánicos como inorgánicos, con un ámbito de tamaños desde el coloidal hasta

partículas macroscópicas, dependiendo del grado de turbulencia. En lagos, la turbiedad es debida a dispersiones extremadamente finas y coloidales, en los ríos, es debido a dispersiones normales.

La turbiedad es de importante consideración en las aguas para abastecimiento público por tres razones:

a) Estética: Cualquier turbiedad en el agua para beber, produce en el consumidor un rechazo inmediato y pocos deseos de ingerirla y utilizarla en sus alimentos.

b) Filtrabilidad: La filtración del agua se vuelve más difícil y aumenta su costo al aumentar la turbiedad.

c) Desinfección: Un valor alto de la turbidez, es una indicación de la probable presencia de materia orgánica y microorganismos que van a aumentar la cantidad de cloro u ozono que se utilizan para la desinfección de las aguas para abastecimiento de agua potable.

Sus unidades son: NTU (unidades de turbidez nefelométricas) y JTU (unidades de turbidez Jackson), (Calvo, 1996).

Sólidos totales disueltos (STD). Estos están constituidos principalmente por sustancias inorgánicas como: calcio, magnesio, sodio, algunas sales como bicarbonato, cloruros y sulfatos. Los STD tienen unidades de peso sobre volumen (mg/l) y producen efecto sobre el sabor.

Sólidos suspendidos totales (SST): Estos están constituidos por sólidos sedimentables, sólidos y materia orgánica en suspensión y/o coloidal, que son retenidas en el elemento filtrante.

Sólidos totales (ST): Es la suma de los sólidos suspendidos totales, sales disueltas y materia orgánica.

Sólidos totales volátiles (SVT): Cantidad de materia orgánica (incluidos aquellos inorgánicos) capaz de volatilizarse por el efecto de la calcinación a  $550^{\circ}\text{C} \pm 50^{\circ}\text{C}$  en un tiempo de 15 min. a 20 min. (ídem).

#### Características Químicas.

Dureza. Es causada por iones metálicos polivalentes disueltos, principalmente calcio y magnesio. Sus unidades están dadas en peso sobre volumen (mg/l), su principal daño es en las tuberías, por incrustación de sales como carbonato de calcio al calentar el agua. La asociación de magnesio y el ión sulfato suele tener propiedades laxantes, la ausencia de dureza en el agua es causante de la espuma al mezclarse con detergentes, esta causa la falta de oxígeno disuelto atmosférico y la poca penetración de la luz (OPS, 1987).

Potencial hidrógeno (pH). Logaritmo negativo de la concentración molar de los iones hidrógeno, esto es  $\text{pH} = -\text{Log} [\text{H}^+]$ . El principal problema que causa es en las tuberías metálicas por corrosión, cuando el potencial hidrógeno es ácido o menor a 7, cuando es básico o mayor a 7 puede haber una disminución de eficacia del proceso de desinfección por cloro (ídem).

Conductividad eléctrica. Se define como la capacidad que tienen las sales inorgánicas en solución (electrolitos) para conducir la corriente eléctrica. El agua pura prácticamente no conduce la corriente, sin embargo el agua con sales disueltas si la conduce. Los iones cargados positiva y negativamente son los que conducen la corriente y la cantidad conducida dependerá del número de iones presentes y de su movilidad. En la mayoría de las soluciones acuosas, entre mayor sea la cantidad de sales disueltas, mayor será la conductividad, este efecto continúa hasta que la solución está tan llena de iones que se restringe la libertad de movimiento y la conductividad puede disminuir en lugar de aumentar, dándose casos de dos diferentes concentraciones con la misma conductividad. Todos los valores de conductividad están referidos a una temperatura de  $25^{\circ}\text{C}$  (Calvo, et al, 1996).

Características biológicas.

Coliformes totales. Es una medida del índice de contaminación bacteriana determinado por el “número mas probable” de bacterias coliformes contenidas (*Escherichia coli*, *Escherichia fecalis*, etc.) en un volumen determinado de muestra de agua. Es un parámetro indicador de contaminación que se utiliza para evaluar indirectamente la posibilidad de que en dicha agua, puedan existir organismos patógenos, detectados de una manera más sencilla. Entonces, la presencia de organismos coliformes se interpreta como una indicación de la presencia de organismos patógenos (Rodier, 1978).

## 1.7 AFORO Y SUS DIFERENTES TIPOS

Aforo. Es la medición del gasto o caudal, y este último se refiere al volumen de agua que pasa por la sección recta en unidad de tiempo. A partir de este se determina la disponibilidad del recurso hídrico para el ser humano (Trueba, 1978).

Tipos de aforo.

Hace varios siglos el ser humano ha tenido la necesidad de medir el comportamiento físico del agua y ha inventado muchos aparatos y cálculos para medir el gasto o caudal. Existen varios métodos para la medición del gasto, solo se mencionaran los más comunes.

Método directo.

Este método se determina mediante un volumen determinado o conocido sobre unidad de tiempo, se realiza a través de un recipiente graduado tomando el tiempo de llenado, así pues la expresión queda de la siguiente manera:

$$Q = V / T \quad (2)$$

Donde:

Q: Caudal (m<sup>3</sup>/s).

V: Volumen (m<sup>3</sup>).

T: Tiempo de llenado (s).

Métodos indirectos.

a) Medición del gasto en vertederos. Un vertedero es un dispositivo hidráulico que consiste en una escotadura a través la cual se hace circular el agua. Existen diferentes tipos de vertederos que dependen de la adopción de la sección de la vena líquida, lo cual pueden ser: vertedero rectangular, trapecial, triangular y circular.

Los vertederos rectangulares son de dos tipos: los que tienen contracciones laterales y sin contracciones. Los primeros se basan en la fórmula de Francis modificada por las contracciones, ya que estas desvían la vena líquida modificando su velocidad, mientras que en el centro del vertedero la vena líquida no se modifica por las contracciones, esta fórmula fue modificada para el sistema métrico, ya que su creador sólo la indicó en el sistema inglés quedando la fórmula como:

$$Q = 1.84(L-0.2H)H^{3/2} \quad (3)$$

Donde:

Q = Gasto volumétrico (m<sup>3</sup>/s).

L = Longitud del vertedor (m).

H = Carga del agua o altura (m) (Russell, 1968).

b) Medición del gasto en tubos. Este se basa en el número de Reynolds. Cuando el número de Reynolds es mayor de 3000 es régimen turbulento o gasto volumétrico grande y cuando es menor de 2100 es régimen laminar o gasto volumétrico pequeño, este número es adimensional.

Los cambios de flujo laminar a turbulento se le conocen como velocidad crítica baja. Mientras que la velocidad crítica alta es el cambio de flujo turbulento a laminar.

La ecuación de Reynolds está dada por:

$$R = VDP / U \quad (4)$$

Donde:

R = Reynolds

V = Velocidad (m/s).

D = Diámetro de la tubería (m).

P = Densidad (g/l).

U = Viscosidad (centipoises).

Las fórmulas para el cálculo de tuberías está dada por pérdidas energéticas las cuales son: pérdida por frotamiento, pérdida por entrada, pérdida por salida, pérdida por súbito ensanchamiento del tubo, pérdida por súbito contracción del tubo, pérdidas por obstrucción del tubo, pérdidas por cambio de dirección en la circulación. Las pérdidas de energía más importantes es por fricción, sin embargo estas pueden ser insignificantes, ya que estas dependen si la tubería tiene accesorios, los cuales modificarían la fricción (Nekrasov, 1968).

c) Medición de gasto en canales. Los canales son conductos abiertos en los cuales el agua circula debido a la gravedad y con presión atmosférica. Estos pueden ser canales circulares, de forma de herradura, trapecial y rectangular y pueden ser de concreto, tierra o irregulares. Para su medición se escoge un tramo del canal, se marca el punto de inicio y el punto final, se suelta en el punto inicial un objeto flotante y se anota el tiempo en el que el objeto flotante demora en llegar al punto final. Esto se realiza para la velocidad del agua, la cual se calcula utilizando la siguiente fórmula:

$$V = L / T \quad (5)$$

Donde:

V = Velocidad del agua (m/s).

L = Distancia del punto inicial al punto final (m).

T = Tiempo que dilata el objeto flotante (s).

Para calcular el área de la sección se mide el ancho del canal y la profundidad del agua, utilizando la siguiente fórmula:

$$A = B * H \quad (6)$$

Donde:

A = Área de la sección (m<sup>2</sup>).

B = Ancho del canal (m).

H = Altura del agua (m).

De acuerdo al tipo de terreno del canal se selecciona el factor de corrección del caudal:

C = 0.8 para canal de concreto

C = 0.7 para canal de tierra

C = 0.5 para arroyo quebrado.

Con los datos obtenidos anteriormente se obtiene el caudal, con la siguiente fórmula:

$$Q = C * V * A \quad (7)$$

Donde:

Q = Caudal (m<sup>3</sup>/s).

C = Corrección del caudal.

V = Velocidad del agua (m/s).

A = Área de la sección (m<sup>2</sup>) (Trueba, 1978).

d) Medición de gasto en orificios. Se realiza mediante un orificio existente, ya sea en tanques o en corrientes, el agua al salir por el orificio lo llena completamente e inmediatamente después, la vena líquida sufre una contracción que llega a ser extrema en la parte que se denomina sección contraída, esta es la zona de

medición. Existen principalmente dos tipos de medición de gasto en orificios que es el de pared gruesa y el de pared delgada, también se puede medir el gasto en tanques midiendo el tiempo de vaciado y orificios total y parcialmente ahogados, un ejemplo de estos últimos es el de dos tanques conectados entre sí por un orificio (ídem).

## 1.8 CONSUMO DE AGUA DOMÉSTICO.

El consumo de agua en un parámetro con gran variabilidad, ya que depende de factores tales como condición socioeconómica, clima y temperatura media de una población en particular. La Comisión Nacional del Agua reportó en el 2003 una fuente de datos básicos, con el fin de que cada población tuviera un índice aproximado del consumo de agua de acuerdo a las condiciones mencionadas anteriormente.

El consumo de agua de acuerdo a la condición socioeconómica es grande, ya que la población que habita en zonas residenciales presenta un consumo elevado de agua dadas sus condiciones de vida, la condición socioeconómica depende del tipo de construcción y la cantidad de familias viviendo en estas, como puede observarse en la tabla 1.

Tabla 1. Tipos de usuarios domésticos.

Datos socioeconómicos	Descripción del tipo de vivienda
Residencial	Casas solas o departamentos de lujo, que cuentan con dos o más baños, jardín de 50 m <sup>2</sup> o más, cisterna, lavadora.
Media	Casas y departamentos que cuentan con uno o dos baños, jardín de 15-35 m <sup>2</sup> y tinaco.
Popular	Vecindades y casas habitadas por una o varias familias, jardín de 2-8 m <sup>2</sup> , con un baño compartido.

Fuente: datos básicos. CONAGUA, 2003.

El clima es otro parámetro a considerar, ya que de acuerdo a este, el consumo del agua se modificará. En lugares con climas cálidos, el consumo de agua se incrementa, debido a las necesidades que conlleva esta condición meteorológica, tal como puede apreciarse en la tabla 2.

Tabla 2. Consumo doméstico per-cápita.

Clima	Consumo por clase socioeconómica (l/día/hab)		
	Residencial	Media	Popular
Cálido	400	230	185
Semicálido	300	205	130
Templado	250	195	100

Fuente: datos básicos. CONAGUA, 2003.

La temperatura es otro parámetro que está en relación directa con el clima, ya que los climas cálidos presentan predominantemente temperaturas elevadas, así como los climas templados presentan temperaturas medias, mientras que los climas fríos presentan temperaturas debajo de los 5°C, como se muestra en la tabla 3.

Tabla 3. Clasificación de climas por su temperatura.

Temperatura media anual (°c)	Tipo de clima
>22	Cálido
18-22	Semicálido
12-17.5	Templado
5-11.9	Semifrío
<5	Frío

Fuente: CONAGUA, 2003.

## 1.9 PROBLEMÁTICA SOCIAL DE LA DEMANDA DE AGUA

Como sabemos, a lo largo de los siglos el hombre ha enfrentado guerras, ya sea por tierras o metales preciosos, hoy en día el petróleo, pero la futura guerra será por el agua, aunque sea el compuesto más abundante en nuestro planeta ya que

se estima la existencia de unos 1,400 millones de Km<sup>3</sup> de agua, con sólo 2.53% de agua es dulce, en forma de hielo o en depósitos subterráneos de difícil acceso, de tal manera, que el agua disponible en teoría sería en el mejor de los casos de 0.01% (PNUMA, 2002), aunado a esto el índice de crecimiento demográfico en la última década se duplico, lo cual, los mas de 6000 millones de personas en el planeta tierra (ONU, 2005) requieren de agua de calidad potable, si tomamos encuentra los datos de las naciones unidas, donde indican que aproximadamente 50 litros son suficientes para la existencia diaria de cualquier ser humano, tenemos que 300 mil millones de litros son los requeridos a nivel mundial por un día, y solo existe en el planeta alrededor de 140 mil millones de litros, de fácil acceso y disponibles para consumo humano (PNUMA, 2002).

En la actualidad, aunque no existan guerras por el agua, ya encontramos problemas sociales severos entre países, uno de ellos son los que generan los ríos Éufrates y Tigris, entre los países de Turquía, Siria e Iraq, lo mismo sucede con el río Nilo, cuyas aguas se disputan Etiopía, Sudán y Egipto. El nacimiento del río y el 85% de sus aguas están en Etiopía, pero no ejerce su posición dominante. Además hay un acuerdo bilateral entre Sudán y Egipto para el reparto del caudal. Otras fuentes de discordia son el río Jordán y el Litani, en Oriente Medio (Iglesias, 2005), en el 2002 México y EUA tuvieron conflictos por el río Colorado, tomando así que el problema social de la escasez de una calidad digna de agua es a nivel mundial.

Ahora bien, en México la demanda de agua se incrementó seis veces en la última década lo que equivale al doble de la tasa de crecimiento demográfico (Ochoa, 2005), en el país aproximadamente existen 472 Km<sup>3</sup> de agua de fácil acceso y disponibles para consumo humano (CNA, 2001), de los cuales el 6% se encontraba en categoría de excelente, el 20 % en aceptable, el 51 % poco contaminado, el 16 % contaminado, el 6 % altamente contaminado, el 1 % con presencia de tóxicos (ICA, 2001), por lo cual la cantidad de agua con calidad excelsa es poca, por ello los problemas sociales a nivel estados e incluso a nivel

municipal; un ejemplo digno de esto es el problema del agua entre los estados de Puebla y Veracruz.

El causante de este problema es el río Huitzilapan, la problemática principalmente es entre los municipios de Quimixtlán y Xalapa, que en varias ocasiones los pobladores de Quimixtlán, la mayoría campesinos de escasos recursos, han amenazado con cerrar las válvulas de abastecimiento de la Presa Huitzilapan por el incumplimiento de los acuerdos pactados por las autoridades Xalapeñas, por ellos es importante considerar la importancia del cuidado del vital líquido ya que sin ella la vida en nuestro planeta se extinguiría.

## **CAPÍTULO II**

### **ÁREA DE ESTUDIO**

## 2.1 LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA

En el mapa se presentan el Estado de Veracruz, como se muestra en el mapa, Xalapa, la capital, está situada estratégicamente en el centro del Estado (Fig. 2).



Figura 2. Localización de la ciudad de Xalapa. Fuente: Desarrollo y Medio Ambiente en Veracruz.

La Ciudad de Xalapa está situada en las faldas del Cofre de Perote, entre la Sierra Madre Oriental y el Golfo de México. Sus coordenadas son 19°31'55" latitud norte y 96°54'35" longitud oeste. Tiene una extensión de 118.45 Km<sup>2</sup>, que representa el 0.16% de la superficie del estado. La altura de la ciudad varía de 1350 m en las partes más bajas hacia el sureste, hasta 1550 m en la cima del Cerro de Macuiltépetl.

El municipio de Xalapa colinda al norte con Banderilla y Jilotepec, al noreste con Naolinco; al este con Actopan, al noroeste con Acajete, al oeste con Tlalnelhuayocan y Rafael lucio y al sur con Emiliano Zapata y Coatepec, como se puede observar en la figura 3.

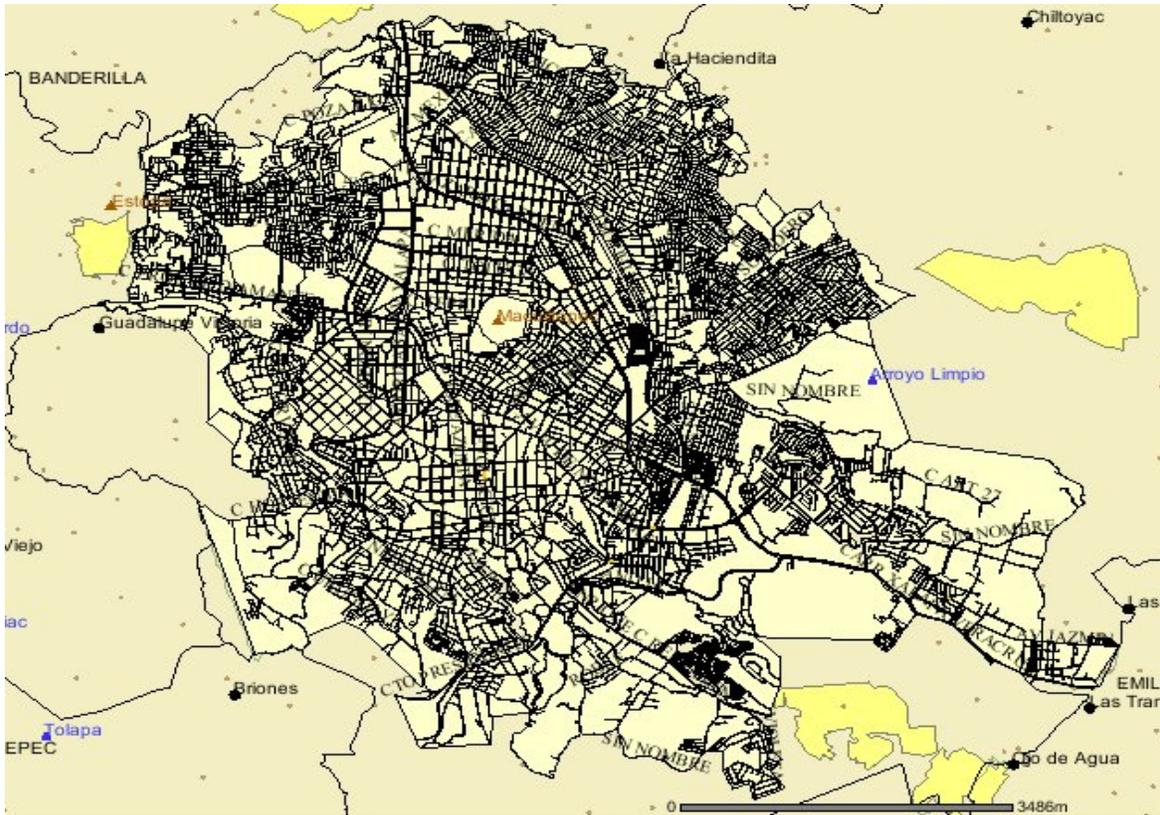


Figura 3 Municipio de Xalapa y sus límites geográficos.

## 2.2 MEDIO ABIÓTICO

### 2.2.1 CLIMA

En el municipio de Xalapa predomina el clima Templado– Húmedo con llluvias todo el año–C(fm)w”b(i’g. Aunque por la diversidad de alturas y suelos y de acuerdo a las estaciones del año, se registra también la presencia de mesoclimas. Cabe señalar que, los datos para este apartado están basados en la clasificación de Köppen adecuada por Enriqueta García para México. El municipio de Xalapa es, en general, templado–húmedo con temperatura media anual de 18° C, lluvias abundantes en verano y principio de otoño, y precipitación pluvial de 1,009 mm. La temperatura desciende notablemente en invierno debido a los vientos fríos que provienen del norte y del este. Presenta lluvias abundantes en verano y principio de otoño, con menor intensidad en el resto del año. La precipitación media anual para este municipio es de 1,509 mm.

Tabla 4. Características climáticas de Xalapa.

<b>Tipo climático</b>	<b>Temperatura mínima</b>	<b>Temperatura Máxima</b>	<b>Temperatura promedio</b>
Clima Frío–Húmedo con escalas de oscilación térmica–E(t).	2° C	18° C	18° C
Clima Templado–Regular–C(w) .	11° C	19.2° C	17.5° C
Clima Templado–Húmedo con lluvias todo el año–C(fm)w”b(i’)g.	14.9° C	20.4° C	18.0° C
Cálido–Húmedo –(A)C(fm)(w”)a(i’)g;	15.5° C	21.6° C	19° C
Cálido–Seco–Regular –(A)C(w”)a(e)g.	16.8° C	24.0° C	20.7° C

Fuente: Zolá. La Vegetación de Xalapa, Veracruz. INIREB. Xalapa, 1987.

En resumen, en la región Xalapa están presentes las cinco zonas climático ecológicas identificadas para el país, que son:

1. La tropical húmeda, que presenta un clima subhúmedo caracterizado por tener precipitaciones y temperaturas constantes. Altitudinalmente se encuentra desde el nivel del mar hasta los 600 metros. Los tipos originales de vegetación que se establecen en esta zona son las selvas altas perennifolias y las selvas medianas subperennifolias, principalmente.
2. La tropical subhúmeda, que se localiza en las zonas de bajas y medianas elevaciones, constituye la transición entre las regiones tropicales húmedas y las áridas. Presenta clima cálido subhúmedo y la vegetación que la caracteriza son las selvas medianas y bajas subcaducifolias.
3. La zona templada húmeda es una transición con los bosques de coníferas que combina temperaturas que descienden más que las tropicales, pero con humedades mayores que las zonas templadas. Presenta climas semicálidos considerados entre 18 y 22 ° C. Se distribuye entre los 800 y 2 700 msnm. Los bosques mesófilos son característicos de esta zona.

4. La zona templada subhúmeda cubre las principales cadenas montañosas en donde los bosques de pino y/o encinos permiten identificarla con facilidad. Presenta clima templado subhúmedo y heladas en la época fría del año.

5. En la zona árida y semiárida se pueden distinguir las porciones áridas con menos de 400 mm de precipitación anual y de 8 a 12 meses secos. Se presentan tres tipos de vegetación bien diferenciados, los matorrales desérticos o xerofíticos, pastizales y vegetación halófila.

### **2.2.2 HIDROLOGÍA**

Para fines de investigación, protección y aprovechamiento de los recursos acuíferos, la Comisión Nacional del Agua incluyó a las cuencas de los ríos Actopan y La Antigua –de los cuales son tributarios los escurrimientos de la Zona Conurbada– dentro de la Región Hidrológica Papaloapan, conformada por el distrito de riego, La Antigua y Actopan, que se abastece de los ríos Jamapa, San Juan Pancaya, Santa María y Actopan.

Entre las corrientes más importantes que irrigan al municipio de Xalapa está el Río Actopan, que se origina en el Cofre de Perote a una elevación de 2,960 msnm. Su curso sigue un rumbo noreste a través de 21 km de terreno montañoso, capturando por ambas márgenes las corrientes que se forman en la porción nororiental del Cofre. Cambia su curso hacia el sureste a la altura de la población de Tlacolulan, rumbo que conserva hasta su desembocadura.

En la parte inicial de su recorrido se le conoce con el nombre de río Sedeño y 15 km aguas abajo del poblado de Tlacolulan, afluye por la margen izquierda del río Naolinco, otra corriente importante es el río Consolapa. Se forma al conjuntarse los arroyos originados en las pendientes orientales del Cofre de Perote a 3,250 msnm. Sigue un rumbo este–sureste y se une al colector principal (río La Antigua) a 10 km al oriente del pueblo de Teocelo. A partir de éste, el río Consolapa

continúa con rumbo sureste cambiando de nombre por el de río la Antigua, en la figura 4 se puede localizar los ríos de la ciudad de Xalapa.

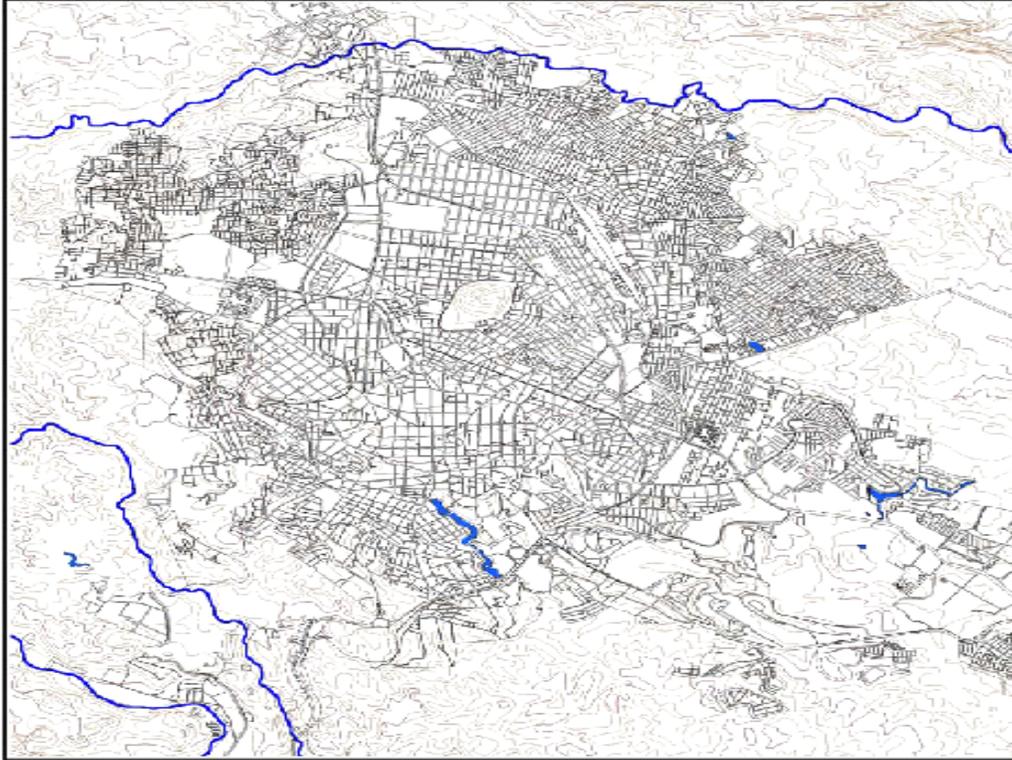


Figura 4 Ríos de la ciudad de Xalapa. Fuente: Taller de Arquitectura y Urbanismo.

Las corrientes que se desplazan de sur a sur-oeste de la ciudad de Xalapa son afluentes o subafluentes del Río La Antigua, alcanzando un curso de hasta 124 km. Entre los principales tributarios de este afluente se encuentran los ríos: Pixquiac, Zocoyolapan, Xochiapan, Pinillos, Cliyapa, Aguacatlán, Teocelo, Hueyapan o de las Fuentes y Pextlán. Por último está el Río Sordo que riega parte de la región para ser después subafluente del Río Consolapa ya en el municipio de Coatepec (Zolá, 1987).

Al parecer esta microrregión es zona de tránsito de las acumulaciones hídricas del sistema de captación del Cofre de Perote, que viajan hacia las cuencas alimentadoras del río La Antigua. Indudablemente, esto favorece la hidratación de los suelos del municipio de Xalapa y habrán de identificarse canales y revisarse

caudales para valorar de qué gasto se puede disponer para el desarrollo urbano y, de ser viable su aprovechamiento, se deberá operar dentro de una nueva normatividad que sea congruente con las condiciones de la sustentabilidad.

En el caso concreto de la ciudad de Xalapa, los manantiales provienen de los mantos acuíferos y se alimentan de los sistemas filtrados del Macuiltépetl, por lo que en buena medida su permanencia está determinada por la conservación de la cubierta vegetal de este cerro. En la mayoría de los casos se ha relegado su conservación, a pesar de que significan importante un recurso ambiental.

El territorio de la ciudad de Xalapa está comprendido dentro de diez cuencas urbanas, en las cuales confluyen escurrimientos superficiales en varias direcciones que llegan a unirse hacia las partes bajas de la ciudad o hacia los cuerpos de agua como el río Sordo; Sedeño, arroyo Carneros y Papas. El destino final de estos escurrimientos son los ríos Ídolos, Actopan, Los Pescados y Jalcomulco. En las cuencas con la mayor urbanización el escurrimiento es de más del 85%, mientras que en las menos compactadas, alcanza cerca del 20% (Capitanachi, 2001).

### **2.2.3 OROGRAFÍA**

En la porción media del Estado de Veracruz se presentan los mayores accidentes topográficos, que corresponden a las sierras más elevadas del sistema montañoso veracruzano. Se aprecia en los contrafuertes y estribaciones un descenso que se perfila hacia el oriente en forma escalonada, formando valles y cañadas, hasta llegar a la planicie costera. En los flancos orientales de esta sierra pueden observarse capas de lava orientadas hacia el sur, producto de emisiones del volcán Naucampatépetl (Cofre de Perote): 4,282 m (Marchal, 1985).

La ciudad de Xalapa por estar situada sobre las estribaciones orientales del Cofre de Perote, por lo que su suelo es irregular, si accidentes notables, siendo su altura principales cerro de Macuiltépetl que se eleva a 1550 msnm; el cerro de

Acalotepeth y el cerro colorado (1580msnm) y cerro del estropajo(1620 msnm) (López,1993), corresponde a la provincia fisiográfica denominada Eje Neovolcánico por lo cual su territorio se considera sensible a eventos telúricos.

## **2.2.4 SUELO**

Los suelos predominantes en este escenario abarca dos zonas de importancia.

a) La primera y más alta, con una superficie de 4860 ha. Situada entre los 1300 y 1500 m de altitud aproximadamente. Se encuentra los suelos de tipo Andosol sobre cenizas volcánicas recientes y ferralíticos arcillosos sobre cenizas, flujos piroclásticos y coladas volcánicas, son estables bajo los sistemas de cultivo de caña de azúcar, café y cuando subsisten la vegetación del bosque caducifolio. La zona se localiza al oeste, noreste y sureste de Xalapa, e crecimiento urbano, con excepción de la conurbación Xalapa-Banderilla ha sido relativamente limitado y disperso.

b) La segunda zona, con una extensión aproximada de 4410 ha. Se ubica entre los 1100 y 1300 m de altitud. Ha sido casi totalmente deforestada desde hace varios siglos y se han utilizado principalmente para la ganadería y el cultivo de caña de azúcar. La parte superior de los suelos ha sido erosionada y ha provocado la denudación más o menos importante del tepetate, cuya presencia a poca profundidad restringe fuertemente las aptitudes agrícolas. Esta se ubica al este noreste y sobre todo sureste, ha experimentado una fuerte extensión de la trama urbana, a lo largo de dos ejes viales que son : Xalapa-El Castillo y sobre todo, la carretera a Veracruz, entre Xalapa y El Lencero (López, 1993).

## **2.3 MEDIO BIÓTICO**

### **2.3.1 FLORA**

El municipio de Xalapa se sitúa en una zona donde el bosque mesófilo de montaña, el bosque de encinos, el bosque de pinos y la selva baja caducifolia ocupa grandes extensiones de superficie (López,1992). En sus alrededores los

cultivos más importantes son el café (*Coffea arabica*), los pastizales (*Cortaderia selloana*), el maíz (*Zea mays*) y naranja (*Citrus aurantium*). La flora corresponde al bosque caducifolio o *Bosque mesófilo de montaña* se desarrolla en altitudes que oscilan de 1,250 hasta 1,450 msnm. En la región de Xalapa gran parte del bosque mesófilo ha desaparecido, y los remanentes permanecen como parches entre pastizales, cafetales o tierra dedicada a otro uso y con diferentes grados de perturbación.

La flora más representativa que se encuentra, es liquidambar (*liquidambar macrophylla*), encino (*Quercus spp*), jinicuil (*Inga jinicuil*), aguacate (*Persea americana*) chalahuite (*Acacia angustissima*), eucalipto (*Eucalyptus globolus*), ciprés (*Cupressus lindleyi*), higuera (*Ricinos communis*), araucaria (*Araucaria columnaris*) y Jacaranda (*Jacaranda mimosifolia*). Así como Frutas como durazno (*Prunas persica*), limonero (*Citrus limon*), naranja (*Citrus aurantium*), berenjena (*Cyphomandra betacea*), guayaba (*Psidium guajava*), plátano (*Musa paradisiaca*), níspero (*Eriobotrya japonica*), chirimoya (*Annona cherimola*).

Dentro de las especies vegetales se destaca el maíz (*Zea mays*), hortaliza, frijol (*Phaseolus vulgaris*), calabaza (*Cucurbita pepo*), chayote (*Sechium edule*); plantas de ornato: rosas (*Rosa villosa*), camelias (*Camellia japonica*), azahares, gardenias (*Gardenia jasminoides*), tulipanes (*Hibiscus rosa-sinensis*).

Las plantas medicinales son otro tipo de especies importantes para la población ya que actualmente sigue siendo ampliamente usadas como una alternativa médica dentro de este grupo se puede mencionar a la manzanilla, ruda (*Ruta chalapensis*), higuera (*Ricinos communis*), sauco, gordolobo (*Bocona frutescens*), yerbabuena y la famosa raíz de Xalapa.

En el siguiente tabla 5, se enumeran los tipos de árboles más representativos de los bosques de la región, así como también aquellos frutales, comestibles y de ornato.

Tabla 5. Tipos de árboles de la región de Xalapa.

<b>Nombre común</b>	<b>Nombre científico</b>
Araucaria	<i>Araucaria araucana</i>
Chalahuite	<i>Inga spuria</i>
Choco	<i>Oreopanax arboreus</i>
Naranja	<i>Citrus sinensis</i>
Durazno	<i>Prunus persica</i>
Encino	<i>Quercus Polymorpha</i>
Fresno	<i>Fraxinus uhdei</i>
Grevilia	<i>Grevilia robusta</i>
Guayabo	<i>Psidium guayava</i>
Haya	<i>Plananus mexicana</i>
Helecho	<i>Nephelea sp.</i>
Izote	<i>Yuca elephantipes</i>
Jararanda	<i>Jacaranda mimosifolia</i>
Jinicuil	<i>Inga jinicuil</i>
Laurel de la india	<i>Picus retusa.</i>
Lengua de pájaro	<i>Podorcarpus matudai</i>
Liliana	<i>Syzygium samaragnense</i>
Liquidambar	<i>Liquidambar macrophylla</i>
Magnolia	<i>Maganolia schideana</i>
Mango	<i>Mangifera indica</i>
Palma Fénix	<i>Phoenix canariensis</i>
Pandurata	<i>Ficus lyrata</i>
Pomarrosa	<i>Syzygium jambos</i>
Rama tinaja	<i>Trichilia havanensis</i>
Roble	<i>Tabebuia rosea</i>
Tulipán Africano	<i>Spathodea campanulata</i>
Tulla	<i>Platyclusus orientalis</i>

Fuente: Ecología Urbana aplicada a la ciudad de Xalapa.

### 2.3.2 FAUNA

Entre las especies más comunes de la fauna del lugar se pueden encontrar algunos reptiles, como pueden ser: tlaconete (*Bolitoglossa platidactyla*), lagartija (*Sceloporus variabilis*), perrito (*Anolis Sericeus*), falso coralillo (*Lampropeltis triangulum*), culebra de jardín (*Ninia sebae*) y *Olologon staufferi*). También se han observado las siguientes aves: tecolotito bajeño (*Glaucidium brasilianum*), Luis gregario (*Myiozetetes similis*) y colibrí (*Campylopterus curvipennis*). Algunos de los mamíferos presentes son: tlacuache (*Didelphis marsupialis*), conejo castellano (*Sylvilagus floridanus*) y ardilla gris (*Sciurus aureogaster*).

En la tabla 6 se observan el resto de la fauna representativa de Xalapa.

Tabla 6. La fauna representativa de Xalapa.

Nombre común	Nombre científico
Lagartija	<i>Sceloporus vaiabilis</i>
Salamandra	<i>Chiropterotriton sp</i>
Rana	<i>Ranavaillant sp</i>
Culebra	<i>Lampropeltis triangulum</i>
Tlaconete	<i>Bolitoglossa platydactyla</i>
Sapo cavador	<i>Spea hammondi</i>
Falso coralillo	<i>Pliocercus elepoides</i>
Tlacuache común	<i>Didelphys marsupials</i>
Murcielago	<i>Chimichpath sp</i>
Conejo Castellano	<i>Sylvilagus floridanus</i>
Ardilla rojiza	<i>Sciurus aureogaster</i>
Tuza	<i>Heterogeomys hispidus</i>
Ratón Negro	<i>Peromyscus fervus</i>
Ratón Doméstico	<i>Mus musculus</i>
Rata	<i>Rattus rattus</i>
Pato Boludo menor	<i>Aythya affinis</i>

...Continua Tabla 6

Zopilote común	<i>Cathartes aura</i>
Gavilán pechirrufo	<i>Accipiter striatus</i>
Halcón enano	<i>Falco ruficularis</i>
Paloma doméstica	<i>Columba livia</i>
Perico Pechisucio	<i>Aratinga nana</i>
Tecolotito Bajefío	<i>Gaucidium brasilianum</i>

Fuente: Ecología urbana aplicada a la ciudad de Xalapa.

## 2.4 ASPECTO SOCIOECONÓMICO

La dinámica económica de Xalapa está fundamentada en actividades terciarias, primordialmente en la prestación de servicios comunales personales y por su actividad comercial.

El aspecto más relevante de la nueva estructura de la economía xalapeña, consiste no tanto en la distribución de la población ocupada en los tres sectores, sino en las articulaciones a través de relaciones de insumo-producto; de esta manera es más autosuficiente, pues se integra un circuito que comprende la producción, la transformación y la distribución.

Así, la dinámica económica de Xalapa está fundamentada primordialmente en la prestación de servicios y actividades comerciales (tabla 7).

Además de una diferenciación de carácter industrial, artesanal y de servicios existe una intensa y eficiente actividad agropecuaria y forestal que se realiza en tierras aledañas a la ciudad y por su exuberante riqueza; natural y protegiendo el entorno ecológico es de interés para la administración actual crear empresas, sustentables como: la explotación del turismo, ecoturismo y turismo de aventura. Otros servicios como Administración Pública, Plaza Bancaria y de Finanzas.

Tabla 7 Actividades humanas en el municipio de Xalapa.

Rama de actividad/total	
Agricultura, ganadería, silvicultura, caza y pesca	11.30%
Ind. Extractiva y de la electricidad	0.18%
Industria de la transformación	9.12%
Construcción	9.12%
Comercio	17.59%
Servicios	38.47%
Comunicaciones y transportes	4.45%
Gobierno	7.42%
Otra	2.28%

Fuentes: INEGI XII Censo General de Población y Vivienda 2000. Para Xalapa: Información Básica Municipal 2002.

## 2.5 DEMOGRAFÍA

El municipio de Xalapa posee 118.45 km<sup>2</sup> (2.1% de la superficie de toda la región) y en él habitan 390,590 habitantes (37.4% del total de la región), esto equivale a una densidad de 3,379 habitantes por kilómetro cuadrado (INEGI, 2002).

El número de habitantes sirve para indicar el comportamiento poblacional; en la tabla 8 se muestra la superficie territorial, la población total de hombres, mujeres y densidad poblacional, los niveles de bienestar y la dinámica de crecimiento.

Esta información sirve para establecer indicadores de la situación en los aspectos naturales, geográficos y culturales del municipio de Xalapa

Tabla 8 Superficie territorial, población y densidad de población de Xalapa.

Ciudad	Superficie Km <sup>2</sup>	Población Total	Hombres	Mujeres	Densidad De Población (Hab/Km <sup>2</sup> )
Xalapa	118.45	390,590	181,487	209,103	3,379

Fuente: INEGI: XII Censo general de Población y Vivienda 2000. Para Xalapa: Información Básica.

## 2.6 EDUCACIÓN

La ciudad de Xalapa, se ha considerado como una prestadora de servicios de rango estatal considerando unos de los principales es la Educación como se puede ver en la tabla 9, se muestra los niveles desde preescolar hasta Normal y de tipo especial como el número de escuelas, alumnos y maestro.

Tabla 9. Nivel Escolar en el Municipio de Xalapa..

Nivel	Escuelas en Xalapa	Alumnos inscritos	Personal Docente
Preescolar	162	14,903	773
Primaria	193	48,544	1,910
Secundaria	67	20,015	1,228
Profesional medio	3	1,036	79
Bachillerato	55	16,896	1,576
% En servicios	470	25.76	1.425
Total	470	100,616	5,566

Fuente: INEGI: XII Censo general de Población y Vivienda 2000. Para Xalapa: Información Básica

## **2.7 VIVIENDA**

La ciudad de Xalapa se han desarrollado mucho, ha crecido en las viviendas en propiedad, lo cual podría interpretarse como un indicador socialmente favorable. Hay abundancia de colonias populares donde sus habitantes efectivamente son “propietarios”, pero de terrenos y viviendas terriblemente precarias en lugares insalubres e inadecuados (Rodríguez, 1998).

El proceso de adquisición de viviendas parecería conllevar un concepto de ascenso social, en la tabla 10 se muestra la disponibilidad de servicios, en ciertas zonas de Xalapa, pero en muchos casos las condiciones tanto de una importante cantidad de personas, como del medioambiente se ven deterioradas, ya que muchas nuevas colonias ocupan áreas inadecuadas por ser bosques, tierras de cultivo, laderas, lugares donde se recarga el manto freático, etc.

Por otro lado, se presenta el fenómeno de que la periferia de las ciudades se convierte en el refugio de la pobreza. En las nuevas colonias ahí formadas no hay servicios de agua, drenaje y pavimentación o los hay de mala calidad.

Estas carencias afectan al conjunto urbano en las condiciones de vida en general, pero particularmente en lo que respecta a salud, ya que estas agrupaciones se convierten en semilleros de enfermedades infecto-contagiosas (Programa de Desarrollo Regional de Xalapa).

Así, el espacio urbano se nos presenta con una primera y definitiva diferenciación: contar o no con servicios. Esta diferencia se traduce en una marcada división entre centro y periferia, siendo el primero el que concentra el mayor número y la mejor calidad de los servicios, mientras la periferia carece de los más elementales.

Tabla.10 Disponibilidad de servicios en la vivienda en la región Xalapa.

Servicios	%
Agua entubada	64.67
Drenaje	63.97
Servicio sanitario	86.97
Energía eléctrica	83.92

Fuente: INEGI: XII Censo general de Población y Vivienda 2000. Para Xalapa: Información Básica.

## 2.8 SALUD

La demanda de servicios médicos de la población del municipio, es atendida por unidades médicas de instituciones públicas y privadas. Las unidades médicas proporcionan servicios de consulta externa, hospitalización general y hospitalización especializada; se ofrecen además los de laboratorios de análisis clínicos, rayos X, atención obstétrica, ginecológica y pediátrica. Entre las instituciones públicas de sector salud que otorgan servicios se encuentran: El Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS), el Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado (ISSSTE), Petróleos Mexicanos (PEMEX), la Secretaría de la Defensa Nacional (SEDENA) y la Secretaría de Salud y Asistencia (SSA), el Sistema para el Desarrollo Integral de la Familia ( DIF). Instalados en la cabecera municipal se encuentran: el Hospital Dr. Luis F: Nachón, el Centro Estatal de Cancerología, Dr. Miguel Dorantes Mesa, el Centro de Especialidades Médicas, Dr. Rafael Lucio. En el sector privado el municipio cuenta con establecimientos médicos importantes: Como la Clínica hospital de especialidades “Mons. Rafael Guizar y Valencia”, el Sanatorio San Francisco, la Clínica de especialidades “Las Palmas”, Vital Clínica Hospital y el Centro Médico de Xalapa.

## **CAPÍTULO III**

# **METODOLOGÍA**

### **3.1 IDENTIFICACIÓN Y LOCALIZACIÓN DE LOS MANANTIALES**

Para obtener información de las fuentes hidrológicas del Municipio de Xalapa, se realizó una revisión bibliográfica de documentos provenientes de instituciones federales y municipales como CMAS (Comisión Municipal de Agua Potable y Saneamiento de Xalapa), CONAGUA (Comisión Nacional del Agua) y el Municipio de la ciudad de Xalapa. También se consultó la información cartográfica del INEGI (Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática).

Se realizaron además recorridos intencionales de campo para conocer exactamente la localización geográfica de cada manantial. Para dicha actividad, se utilizó un geoposicionador global (GPS 12 CX, GARMIN), el cual proporcionó las coordenadas geográficas exactas, esta información se anotó en una hoja de registro elaborada exclusivamente con el fin de concentrar toda la información necesaria para éste estudio, como se puede ver en la hoja de registro (Tabla 11).

En los recorridos también se evaluó la situación actual de cada manantial estudiado. En este sentido, fue necesario elaborar un inventario de las especies vegetales que circundan su área, así mismo se estimó el grado de urbanización que se localiza en el área de cada manantial elegido de acuerdo al Censo de Población y Vivienda del año 2005 y se determinó la clase socioeconómica. Además se determinaron las posibles fuentes de contaminación del agua subterránea, tales como alcantarillado sanitario, fosas sépticas, gasolineras y depósitos de hidrocarburos, rellenos sanitarios, ríos y cauces con aguas residuales, criaderos de animales, cultivos de especies vegetales, industrias, etc. en la tabla 12 puede observarse como se estableció la captura de la información referida.

Las consideraciones mencionadas se plantearon con la finalidad de servir como base para proponer recomendaciones generales para la protección de los mantos acuíferos.

Tabla 11. Hoja de registro de los manantiales del municipio de Xalapa.

<b>HOJA DE REGISTRO DE LOS MANANTIALES DEL MUNICIPIO DE XALAPA</b>				
FECHA _____		AUDITOR _____		
MANANTIAL _____		COORDENADAS _____		
PERIODO _____		HORA _____		
VERTEDERO	LARGO (cm.)	ANCHO (cm.)	ALTO (cm.) Película de agua	VELOCIDAD (Cm <sup>3</sup> /S)

FECHA _____		AUDITOR _____		
MANANTIAL _____		COORDENADAS _____		
PERIODO _____		HORA _____		
CANAL	LARGO (cm.)	ANCHO (cm.)	ALTO (cm.) Película de agua	VELOCIDAD (Cm <sup>3</sup> /S)

Tabla 12. Hoja de registro de la situación actual del área (30 m<sup>2</sup>) que rodea a cada manantial. Abreviaciones: 1(50 m<sup>2</sup> o mas), 2 (15-35 m<sup>2</sup>), 3 (2-8 m<sup>2</sup>).

Manantial	Servicios				Jardín			Fuente de contaminación
	Luz	Teléfono	Agua potable	Drenaje	1	2	3	

### **3.2 AFORO**

El tipo de aforo que se eligió para determinar el gasto de cada manantial fue de acuerdo a las características físicas y geomorfológicas que presentaban, en base a estas consideraciones se eligieron tres tipos de aforo:

- Método directo. En este caso, el método se eligió porque el manantial tenía una caída de agua uniforme. Se utilizó un recipiente 12 lts. graduado con una probeta de 1,000 ml. El recipiente se colocó en la caída de agua y se tomó el tiempo de llenado con ayuda de un cronometro, se realizaron 10 repeticiones del llenado del recipiente para obtener el promedio.
- De canal con medición de flujómetro. Para utilizar este método, el manantial debía tener forma de cauce, ya sea de tierra, cemento o irregular. Para el registro del gasto, se ubicó una zona aleatoria del canal y se introdujo el flujómetro a una profundidad y longitud media del canal.
- De vertedero rectangular. Este método es exclusivo para aquellos manantiales que fueron reconstruidos con formas rectangulares exactas (vertedero). Para el registro del gasto se midió la película de agua y el ancho del vertedero, con estas lecturas se calculó el gasto, con una fórmula matemática establecida.

Para un trabajo completo de las determinaciones del gasto de los manantiales, los registros deberían haberse realizado durante un año, para obtener información del gasto en la temporada de estiaje y en la de lluvias, pero debido al tiempo que se dispuso para realizar esta actividad, solamente se aforo en la época de estiaje en los meses de Abril y Mayo, realizándose una medición cada mes. Para calcular el gasto de cada manantial se utilizaron los valores obtenidos en cada aforo y los cálculos se realizaron de acuerdo a la fórmula del aforo empleada.

### **3.3 CRITERIO DE SELECCIÓN DE LOS MANANTIALES**

Los manantiales analizados fueron elegidos tomando como base los criterios que a continuación se mencionan:

- Que no estuviera concesionado.
- Que tuviera un gasto significativo para cubrir las necesidades básicas de 100 personas diariamente.

### **3.4 MUESTREO**

Para las muestras de los análisis bacteriológicos se siguieron los lineamientos que establece la NOM-230-SSA1-2002. La persona que tomó la muestra se lavó las manos y antebrazos con agua y jabón, se colocó guantes de látex fino y cubreboca. Para esta muestra se utilizó un recipiente de plástico esterilizado industrialmente, se sumergió el frasco con el cuello hacia abajo, se destapó dentro del agua y se llenó a contracorriente, la toma fue de aproximadamente  $\frac{3}{4}$  de capacidad del frasco.

Para las muestras de los análisis físicos y químicos se siguieron las indicaciones que establece la NX-014A-1980. Cada muestra se tomó lo más próxima posible a la desembocadura de cada manantial estudiado, se utilizó un recipiente de plástico con capacidad de 4 L, el recipiente se enjuagó con la misma agua del manantial y a continuación se llenó contracorriente. En el caso de los manantiales con fondo terroso se tuvo la precaución de no revolver el agua.

Todas las muestras fueron conservadas a una temperatura de 4 °C para ser transportadas al laboratorio. Para conseguir un mejor manejo de las muestras, se identificaron con etiquetas que incluían la siguiente información: Nombre del manantial, fecha y hora del muestreo, además del nombre de la persona que realizó el muestreo, tal como lo indica la NX-014A-1980.

### 3.5 ANÁLISIS DE LABORATORIO

La normatividad vigente sobre agua para uso y consumo humano, establece parámetros bacteriológicos, físicos, químicos y radioactivos que deben considerarse para determinar la calidad del agua.

En este trabajo se realizaron recorridos intencionales a las áreas que circundan los manantiales con el objetivo de caracterizar y reconocer su perímetro, de acuerdo a éstos recorridos se considero excluir de los análisis entre otros parámetros, los pesticidas y los hidrocarburos, dado que no hay áreas agrícolas ni zonas o ductos de derivados de petróleo respectivamente. Cabe señalar que algunos de los análisis que se reportan en este trabajo, se realizaron en un laboratorio de la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Veracruzana por los integrantes del equipo de este trabajo siguiendo las técnicas de las normas mexicanas, otros análisis se encomendaron a un laboratorio de alta tecnología certificado.

De esta manera, se consideraron importantes los parámetros que se detallan en la tabla que a continuación se presenta.

Tabla 13: Parámetros de registro para los manantiales del Municipio de Xalapa.

<b>Análisis</b>	<b>Parámetros</b>	<b>Norma</b>
Bacteriológicos	<i>Coliformes totales</i>	<i>NMX-AA-42-1987</i>
	<i>Coliformes fecales</i>	
Físicos	<i>Color</i>	<i>NMX-AA-045-SCFI-1981</i>
	<i>Olor</i>	<i>NMX-AA-083-1982</i>
	<i>Sabor</i>	<i>NOM-127-SSA1-1994</i>
	<i>Turbiedad</i>	<i>NMX-AA-038-SCFI-2001</i>
Químicos	<i>pH</i>	<i>NMX-AA-008-SCFI-2000</i>
	<i>Sólidos disueltos</i>	<i>NMC-AA-020-1980</i>
	<i>Dureza</i>	<i>NMX-AA-072-SCFI-2001</i>

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

#### 4.1 LOCALIZACIÓN DE LOS MANANTIALES

De acuerdo a la información obtenida de CMAS, la CONAGUA y del municipio, se encuentran registrados 22 manantiales: Los Encinos, Los Tecajetes, Techacapa, Barragán, La Playa, Clavijero, Xallitic, Francisco I. Madero, Tatahuicapan, Tecuanapa (Los Lagos), La Calavera, Manantial sin nombre, La Familia Cerdán (inactivo), Coquet, La Señorita Valdés, La Señorita Terán, La Casa de Campo (inactivo), El Infiernillo, La Cruz Roja, El Señor José Muñoz (inactivo) y Murillo Vidal.

Existen además 4 manantiales que fueron localizados en los recorridos intencionales y no cuentan con registro: El manantial ubicado en el Parque Juárez, el chorro y los nacimientos de las Colonias Independencia y Casa Blanca.

De acuerdo a referencias personales, la mayoría de los manantiales registrados desaparecieron (se agotaron) o fueron entubados. Esta información se corroboró con los recorridos intencionales ya que únicamente se localizaron 9, incluyendo los que no cuentan con registro. Los manantiales encontrados se ubican en la figura 5, mientras que sus coordenadas geográficas en la tabla 14.

Tabla 14. Coordenadas geográficas de los manantiales de Xalapa.

Manantial	Coordenada geográfica
Tecajetes	N 19°31'50.2" W 096°52'18.2"
Murillo Vidal	N 19°31'12.8" W 096°54'22.9"
Los Lagos	N 19°31'24.6" W 096°55'26.8"
Xallitic	N 19°31'88" W 096°55'33"
El Chorro	N 19°34'15" W 096°54'717"
Techacapa	N 19°31'767" W 096°55'124"
Casa Blanca	N 19°32'38.9" W 096°53'18.5"
Parque Juárez	N 19°31'619" W 096°55'387"
Independencia	N 19°33'58.1" W 096°57'00.2"

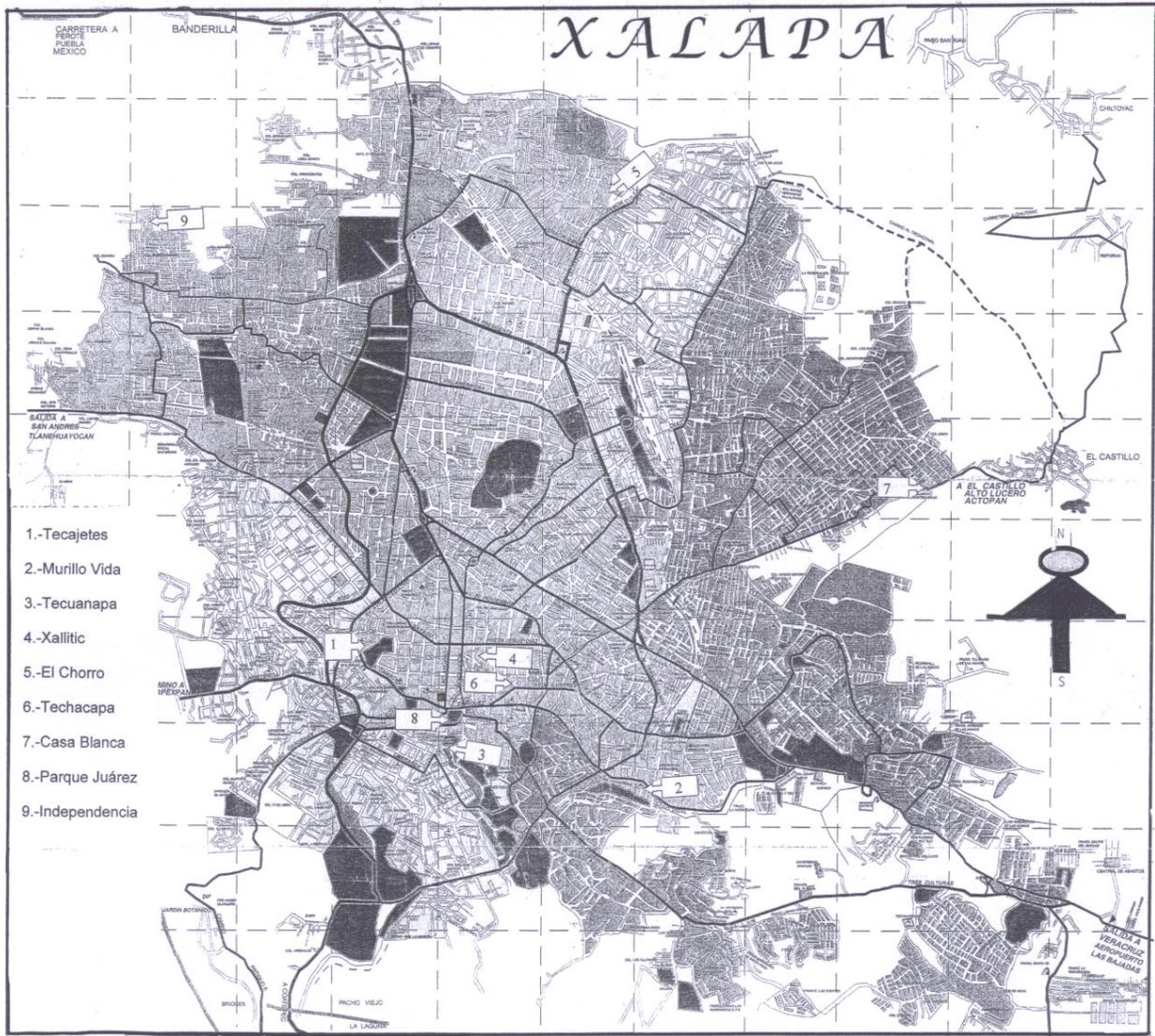


Fig 5. Ubicación de los manantiales del municipio de Xalapa.

## 4.2 AFORO

Los aforos se realizaron durante la época de estiaje, uno en el mes de Abril y otro en Mayo. Se calculó el gasto de los manantiales a cuerdo a sus características físicas y geomorfológicas, la información obtenida de cada manantial se encuentra en la tabla 15 que a continuación se presenta (Anexo 1).

Tabla 15. Gasto de los manantiales durante 2 meses de estiaje y su uso actual.

Manantial	Gasto 1 (l/s) Abril	Gasto 2 (l/s) Mayo	Uso actual
Tecajetes	5.585	5.429	Recreativo y doméstico
Murillo Vidal	3.755	5.597	Doméstico
Tecuanapa (Los Lagos)	1.807	1.486	Recreativo
Xallitic	1.23	0.730	Doméstico
El chorro	0.30	0.281	Doméstico
Techacapa	0.256	0.321	Doméstico
Casa Blanca	0.167	0.178	Sin utilidad
Parque Juárez	0.149	0.186	Sin utilidad
Independencia	0.122	0.093	Doméstico

#### 4.2.1 GASTO DE LOS MANANTIALES (L/día) Y NÚMERO ESTIMADO DE BENEFICIADOS EN LA TEMPORADA DE ESTIAJE.

Con los resultados obtenidos de los aforos, se calculó el gasto en litros por día (L/día) y se estimó el número de personas que serían beneficiadas en el caso de utilizar el agua de estos afluentes. Los cálculos están hechos tomando como referencia la clase popular y el consumo por habitante por día 130, de acuerdo a datos básicos del CONAGUA, 1994.

De acuerdo a los resultados obtenidos se pueden dividir a los manantiales estudiados en tres categorías, los que presentan un gasto alto, es decir que rebasan los 100,000 L/día, los manantiales que tienen un gasto medio, los cuales van de un rango de 19,000 a 95,000 L/día y aquellos que presentan un rango bajo, es decir, aquellos manantiales que proporcionan un caudal que va de 9,000 a 13,000 L/día. Esto se puede observar detalladamente para cada manantial en la tabla que a continuación se presenta.

Tabla 16. Gasto total de los manantiales (L/día) y el número de personas beneficiadas en la época de estiaje.

<b>Manantial</b>	<b>Gasto total (L/día)</b>	<b>Personas beneficiadas</b>
Tecajetes	422, 159.0	3, 247
Murillo Vidal	291, 988.8	2, 246
Tecuanapa	115, 551.4	889
Xalitic	56, 764.8	437
El chorro	21, 850.6	168
Techacapa	19, 906.2	153
Casa Blanca	12,985.2	100
Parque Juárez	10, 963.8	84
Independencia	7, 231.7	57

Para el análisis de la calidad del agua, se eligieron los manantiales que cumplieron con los criterios establecidos; es decir, que no estuvieran concesionados y que tuvieran un gasto significativo para cubrir las necesidades básicas de 100 personas diariamente. Por lo tanto, solamente se eligieron los manantiales, El Chorro, Techacapa y Casa Blanca.

#### **4.3 RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS BACTERIOLÓGICOS y FISICOQUÍMICOS DEL AGUA DE CADA MANANTIAL.**

Se determinó la calidad del agua de los manantiales, El Chorro, Techacapa y Casa Blanca de acuerdo a los parámetros bacteriológicos, físicos y químicos establecidos por la normatividad vigente (NOM-127-SSA1-1994) para uso y consumo humano.

##### **MANANTIAL EL CHORRO**

El agua de este manantial presenta un número elevado de bacterias coliformes totales (33 NMP/100 ml) comparándola con la normatividad vigente, lo mismo

ocurrió con la presencia de las bacterias coliformes fecales, ya que alcanzaron un valor de 94 NMP/100 ml, respecto al criterio de la normatividad vigente (Ausencia). Los parámetros físicos analizados estuvieron dentro de la norma excepto el de turbiedad, porque presento un valor de 6 UTN mientras que la normatividad vigente estable un valor de 5 UTN.

Los análisis químicos del agua de este manantial no revelan resultados que rebasen los límites establecidos por la normatividad vigente, como puede apreciarse en la tabla 17.

Tabla 17. Resultado de los análisis bacteriológicos, físicos y químicos del manantial el Chorro.

<b>Análisis</b>	<b>Parámetros</b>	<b>Resultados</b>	<b>Norma</b>
Bacteriológicos	<i>Coliformes totales</i>	<i>33 NMP/100ml</i>	<i>Ausencia</i>
	<i>Coliformes fecales</i>	<i>94 NMP/100ml</i>	<i>Ausencia</i>
Físicos	<i>Color</i>	<i>3.7 UC</i>	<i>20 UC</i>
	<i>Olor</i>	<i>Agradable</i>	<i>Agradable</i>
	<i>Sabor</i>	<i>Agradable</i>	<i>Agradable</i>
	<i>Turbiedad</i>	<i>6 UTN</i>	<i>5 UTN</i>
Químicos	<i>Ph</i>	<i>6-7</i>	<i>6.5-8.5</i>
	<i>Sólidos disueltos</i>	<i>9 mg/l</i>	<i>1000 mg/l</i>
	<i>Dureza</i>	<i>125.9 mg/l</i>	<i>500 mg/l</i>

### **MANANTIAL TECHACAPA**

En la tabla 18, se muestra que el número de bacterias coliformes totales (345 NMP/100ml) y las bacterias coliformes fecales (6 NMP/100ml) rebasan los límites establecidos por la normatividad vigente.

Respecto a los análisis físicos; los parámetros de color, olor y sabor se encuentran dentro de los límites permisibles de la normatividad vigente, excepto el parámetro de turbiedad, dado que presenta un valor de 7 UTN, mientras que el referido por la norma es 5 UTN.

Los parámetros químicos de pH, sólidos disueltos y dureza que se analizaron en el agua de este manantial se encuentran dentro de los límites permisibles por la normatividad vigente.

Tabla 18. Resultados de los análisis bacteriológicos, físicos y químicos del manantial Techacapa.

<b>Análisis</b>	<b>Parámetros</b>	<b>Resultados</b>	<b>Norma</b>
Bacteriológicos	<i>Coliformes totales</i>	345 NMP/100ml	<i>Ausencia</i>
	<i>Coliformes fecales</i>	6 NMP/100ml	<i>Ausencia</i>
Físicos	<i>Color</i>	6.9	20 UC
	<i>Olor</i>	<i>Agradable</i>	<i>Agradable</i>
	<i>Sabor</i>	<i>Agradable</i>	<i>Agradable</i>
	<i>Turbiedad</i>	7 UNT	5 UTN
Químicos	<i>PH</i>	6-7	6.5-8.5
	<i>Sólidos disueltos</i>	6.6 mg/l	1000 mg/l
	<i>Dureza</i>	80.1 mg/l	500 mg/l

### MANANTIAL CASA BLANCA

El análisis del agua de este manantial demostró que hay 918 NMP/100ml de bacterias coliformes totales, mientras que las bacterias coliformes fecales alcanzó un valor de 9 NMP/100 ml. Ambos resultados rebasan los límites establecidos por la norma ya que indica ausencia para los dos tipos de bacterias.

En el caso de los análisis físicos los valores de los parámetros de color, olor, sabor y turbiedad se encuentran dentro de los límites que marca la normatividad vigente.

Respecto a los análisis químicos del agua, los parámetros de pH, sólidos disueltos y dureza se encuentran dentro de los límites permisibles por la norma.

Tabla 19. Resultado de los análisis bacteriológicos y fisicoquímicos del manantial Casa Blanca.

<b>Análisis</b>	<b>Parámetros</b>	<b>Resultados</b>	<b>Norma</b>
Bacteriológicos	<i>Coliformes totales</i>	918 NMP/100 ml	Ausencia
	<i>Coliformes fecales</i>	9 NMP/100 ml	Ausencia
Físicos	<i>Color</i>	6.9 UC	20 UC
	<i>Olor</i>	Agradable	Agradable
	<i>Sabor</i>	Agradable	Agradable
	<i>Turbiedad</i>	4 UNT	5 UTN
Químicos	<i>PH</i>	6-7	6.5-8.5
	<i>Sólidos disueltos</i>	7.9 mg/l	1000 mg/l
	<i>Dureza</i>	113.4 mg/l	500 mg/l

#### 4.4 RESULTADOS DEL GRADO DE URBANIZACIÓN DE LOS MANANTIALES

En los recorridos intencionales para estimar el grado de urbanización de cada zona que rodea el área de cada manantial, se identificaron los siguientes servicios básicos: La presencia de luz eléctrica, el teléfono, el agua potable, el drenaje y las calles pavimentadas, además de la presencia y área de un jardín en cada casa que se encuentra inmediata a cada manantial, este último parámetro lo considera la CONAGUA (1994) como uno de los indicadores para determinar la clase socioeconómica.

Los resultados se constataron la Gaceta Oficial del Estado # 57, fecha 19 de Marzo de 2004. Inscrito # 08 de la Sección Sexta, fecha 13 de Abril 2004 # 437 Sección Primera 14 de Abril 2004.

#### MANANTIAL EL CHORRO

Este manantial se localiza en una hondonada, la cual está parcialmente rodeada de casas, la mayoría cuenta con los servicios básicos, es decir, agua potable, luz y

teléfono, así mismo el 80% de las calles que rodean al manantial están pavimentadas, respecto al área de los jardines de cada casa, tienen un tamaño aproximado de 2-8 m<sup>2</sup> y en algunos casos hay ausencia de ellos. Tomando en cuenta los parámetros de ordenamiento urbano, se considera el área socioeconómica donde se ubica el manantial como popular (Anexo 2).

### **MANANTIAL TECHACAPA**

La localización de este manantial es en el centro de la ciudad, el grado de urbanización en esta área es alto (100 %), ya que se encuentra rodeado de casas y locales comerciales que cuentan con todos los servicios básicos. En el caso de aquellas casas que cuentan con jardines, éstos presentan un área de 15-35 m<sup>2</sup> se concluye entonces que el manantial se ubica en una zona socioeconómica media (Anexo 2).

### **MANANTIAL CASA BLANCA**

El manantial se ubica en una hondonada en un área verde, existe aproximadamente un 40 % de casas en el área de este manantial, las cuales cuentan con los servicios básicos, en el caso de los jardines tienen un área aproximada de 2-8 m<sup>2</sup>. Se determinó que el área socioeconómica que rodea al manantial como popular (Anexo 2).

## **4.5 IDENTIFICACIÓN DE LA VEGETACIÓN**

Para la identificación de la vegetación que rodea a los manantiales, se realizaron recorridos de un perímetro de 30 m<sup>2</sup>, tal como lo indica la normatividad vigente, las especies vegetales determinadas fueron corroboradas con bibliografía específica de la vegetación de Xalapa.

## MANANTIAL EL CHORRO

El nacimiento de este manantial es en una depresión del terreno donde el área de vegetación que lo rodea es escasa, caracterizándose por ser un claro en un área densamente poblada. La vegetación identificada es la mayoría de tipo ripario ya que además del nacimiento del manantial corre aproximadamente a 10 m un cauce agua la cual se aprecia contaminada.

Las plantas que se identificaron en esta área se pueden observar en la tabla 20.

Tabla 20. Vegetación identificada en el manantial del Chorrillo.

Nombre común	Nombre científico
Naranja	<i>Citrus sinensis</i>
Durazno	<i>Prunus persica</i>
Guayabo	<i>Psidium guayava</i>
Izote	<i>Yucca elephantipes</i>
Higuerilla	<i>Ricinus communis</i>
Pasto	<i>Festuca spp</i>
Arrocillo	<i>Parthenium hysterophorus</i>
Calabaza	<i>Curcubita máxima</i>
Rompe plato	<i>Ipomoea sp.</i>
Malva	<i>Malva silvestri</i>
Adelfa	<i>Inpatiens balsamina</i>
Cempasúchil	<i>Tajetes erecta</i>
Floripondio	<i>Datura candida</i>
Izote	<i>Yucca elephantipies</i>
Lengua de vaca	<i>Rumex crispus</i>
Saúco	<i>Citharexylum berlandieri</i>
Chayote	<i>Sechium edule</i>

Fuente: Ecología urbana aplicada a la ciudad de Xalapa, 1993.

## MANANTIAL TECHACAPA

Este manantial tiene la peculiaridad de carecer de vegetación riparia característica de un afluente, tal como se puede observar en la tabla 21. Las pocas plantas identificadas en este lugar son introducidas por el hombre, ya que aproximadamente el 60% de ellas se encuentra en macetas. Cabe destacar que en la mayoría de los casos de las plantas identificadas sólo se encontraba un ejemplar representativo.

Tabla 21. Vegetación identificada en el manantial de Techacapa.

Nombre común	Nombre científico
Guayabo	<i>Psidium guayava</i>
Ficus	<i>Ficus benjamina</i>
Bambú	<i>Bambusa vulgaris</i>
Níspero	<i>Eryobotrya japonica</i>
Platanillo	<i>Alpina speciosa</i>
Acuyo	<i>Piper auritum</i>
Gordolobo	<i>Bocenia frutescens</i>
Tulipán Africano	<i>Spathodea campanulata</i>
Violeta africana	<i>Viola odorata</i>
Adelfa	<i>Inpatiens balsamina</i>
Palma	<i>Dracaena deremensis</i>
Helecho	<i>Adiantum spp</i>
Pasto	<i>Cynodon dactylon</i>
Chile	<i>Capsicum fastigiatum</i>
Epazote	<i>Chenopodium ambrosioides</i>
Mafafa	<i>Xanthosoma robustum</i>
Jacaranda	<i>Jacaranda mimosifolia</i>
Izote	<i>Yucca elephantipes</i>
Trueno	<i>Ligstrum japonicum</i>

Fuente: Ecología urbana aplicada a la ciudad de Xalapa, 1993.

## MANANTIAL CASA BLANCA

El manantial nace en una hondonada localizada en un área verde de aproximadamente 50 m detrás del nacimiento de este afluente, la vegetación que lo rodea es variada y abundante, de aquí que en los recorridos de campo se identificaron las especies que aparecen en la tabla 22.

Tabla 22. Vegetación identificada en el manantial de Casa blanca.

Nombre común	Nombre científico
Guayabo	<i>Psidium guayava</i>
Higuerilla	<i>Ricinos communis</i>
Gasparito	<i>Eritrina americana</i>
Níspero	<i>Eryobotrya japónica</i>
Aguacate	<i>Persea schiedeana</i>
Limonaria	<i>Murraya paniculata</i>
Gordolobo	<i>Bocenia frutescens</i>
Liquidambar	<i>Liquidambar macrophylla</i>
Haya	<i>Platanus mexicana</i>
Durazno	<i>Prunus armenica</i>
Tepejilote	<i>Chamaedora tepejilote</i>
Helecho	<i>Adiantum spp</i>
Pasto	<i>Festuca spp</i>
Izote	<i>Yucca elephantipes</i>
Manzanita	<i>Malvaviscus arboreus</i>
Azalea	<i>Rhododendron spp</i>
Mafafa	<i>Xanthosoma robustum</i>
Hoja de caballero	<i>Oreopanax capitatus</i>
Casuarina	<i>Casuarina equisetifolia</i>
Piñanona	<i>Monstera deliciosa</i>

Fuente: Ecología urbana aplicada a la ciudad de Xalapa, 1993.

## **4.6 FUENTES DE CONTAMINACIÓN**

Durante los recorridos se observaron diferentes focos de contaminación en los manantiales estudiados.

### **MANANTIAL EL CHORRO**

En los recorridos de campo se encontraron dos focos permanentes de contaminación, el primero es un cauce que lleva agua visiblemente contaminada, además de su cercanía al nacimiento del manantial ya que se ubica aproximadamente a 10 m de distancia; el otro foco de contaminación proviene de un criadero de cerdos que se localiza aproximadamente a 5 m de distancia del nacimiento sobre su parte superior (Anexo 2).

### **MANANTIAL TECHACAPA**

Después de los recorridos se puede determinar que podría existir algún tipo de contaminación inherente al estar el manantial en el centro de la ciudad, como podría ser el polvo.

Además en un recorrido se encontró una tubería del drenaje público rota este evento es congruente si se toma en consideración que la red del drenaje público tiene más de 50 años de antigüedad por lo que ha sufrido un desgaste de las tuberías lo que muy probablemente ha ocasionado infiltraciones al suelo del área del nacimiento del manantial (Anexo 2).

### **MANANTIAL CASA BLANCA**

El nacimiento de agua se encuentra en una hondonada en un área verde y en los recorridos de campo se pudo constatar que el área que rodea al manantial carece de fuentes contaminantes evidentes (Anexo 2).

#### **4.7 DISCUSIÓN**

México es un país árido o semiárido, donde la mayor cantidad de agua de lluvia (49.6 %) se capta en los estados de Chiapas, Oaxaca, Campeche, Quintana Roo, Yucatán, Tabasco y Veracruz.

En este sentido, el estado de Veracruz es un lugar privilegiado, dado que cuenta con algunas de las cuencas más importantes que corresponden a los ríos: Pánuco, Papaloapan, Coatzacoalcos y parte del Grijalva. No obstante esta riqueza hídrica, se observa un gran desabasto en las ciudades y comunidades del estado ([www.conabio.gob.mx/conocimiento/regionalizacion/doctos/Hlistado.html](http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/regionalizacion/doctos/Hlistado.html). Consulta 25-05-2007).

En Veracruz existen mantos acuíferos superficiales y subterráneos, particularmente en el municipio de Xalapa debido a las características de su suelo, se encuentran algunos manantiales distribuidos en algunas zonas.

No obstante la presencia de estos mantos acuíferos, no existe ninguna base de datos del gasto de los manantiales en el municipio, en la CONAGUA, ni en CMAS, ya que incluso algunos de los que se aforaron en este estudio no se encuentran registrados.

Los resultados de este trabajo demostraron que durante la temporada de estiaje los manantiales pueden dividirse de acuerdo a su gasto en tres grupos:

Los manantiales que presentan un gasto elevado; es decir, mayor a 106, 272 l/día: Los Tecajetes, Murillo Vidal, Los Lagos y Xallitic, los que presentan un gasto medio (22, 118 l/día) como son El Chorro y Techacapa y por último los manantiales que tienen un gasto bajo (10, 540 l/día), Casa Blanca, Parque Juárez e Independencia.

Se realizó una estimación de acuerdo al consumo de agua por clase socioeconómica, con datos de la CONAGUA donde establece que la clase popular consume 130 l/día/habitante en climas semicálidos.

De acuerdo a la estimación obtenida, el agua del manantial localizado en el parque los Tecajetes beneficiaría diariamente durante la temporada de estiaje 3, 712 personas, mientras que el manantial de Xallitic disminuiría los problemas de escasez de agua de 817 personas diariamente.

Así mismo el manantial denominado “El Chorro” abastecería a 199 personas, mientras que el manantial de la Colonia Casa Blanca beneficiaría a 111 personas diariamente durante la temporada de estiaje.

Por otro lado, de acuerdo a pláticas personales con habitantes de Xalapa, en la década de 1930 y 1940 todos los manantiales que se analizaron en este trabajo, tenían un mayor caudal, incluso cabe señalar que el manantial de Techacapa cuenta con una placa que data de 1777, en este caso en particular las personas señalan que el caudal de este manantial ha disminuido en un 70%.

La disminución del caudal hídrico se debe a la sobreexplotación de las aguas, la desertificación, la deforestación, el deterioro de los sistemas acuáticos, la contaminación, así como la eutrofización y el cambio climático que sufre el país, entre otros problemas (Arriaga et al. 2000).

Esta información se apoya con cifras alarmantes que señalan que en el mundo, 1 100 millones de personas no tienen acceso al agua potable, mientras que en México aproximadamente 12 millones de mexicanos sufren por la carencia de agua (Stockholm International Water Institute, ONU, Proyecto Milenio, 2005).

Un dato estadístico intrínsecamente relacionado con la problemática del agua indica que México ocupa el quinto lugar en el índice de deforestación de bosques y selvas en el mundo, es el lugar donde la gente paga más cara el agua y la recibe contaminada, además es un país con comunidades indígenas donde las mujeres y los niños deben caminar más de 10 kilómetros para acarrear el agua ([www.agua.org.mx](http://www.agua.org.mx) Consulta 24-05-2007).

El agua y la vegetación, como bosques, selvas, manglares, etc. están directamente relacionados ya que la vegetación modifica la dinámica del agua,

porque sus raíces forman una barrera para retener el agua y recargan los mantos subterráneos, su follaje mantiene la calidad del suelo porque amortigua la caída de agua y previene la erosión. Entonces, si se desea conservar el agua, es necesario cuidar los bosques.

Actualmente, el agua, es un recurso natural que en tan poco tiempo se convirtió en un recurso no renovable, en México se considera incluso como un asunto de Seguridad Nacional.

La cantidad del agua en el planeta no cambia, lo que se modifica es el lugar, la forma y principalmente su calidad, debido a la contaminación a que está permanentemente expuesta. Por tal motivo, se estima que el 20 % del agua dulce del mundo está en peligro (The un World Water Development Report: Water for People, Water for Life, 2003).

En este sentido, los análisis microbiológicos de los resultados de este trabajo indican que los tres manantiales seleccionados para este estudio; es decir, el manantial Techacapa, Casa Blanca y el Chorro sobrepasan los límites permisibles por la normatividad vigente para bacterias coliformes totales y bacterias coliformes fecales. La calidad del agua se altera con la heces fecales humanas ya que constituyen el contaminante biológico que afecta más gravemente la salud (UNICEF, 2003).

Mientras que, los análisis de laboratorio señalan que los parámetros físicos y químicos se encuentran dentro de los límites que marca la normatividad vigente, excepto el parámetro de turbidez.

## **CONCLUSIONES**

Los estudios realizados en este trabajo demuestran que de los nueve manantiales que se aforaron, únicamente los manantiales el Chorro, Techacapa y Casa Blanca cumplen con los criterios establecidos.

Los resultados de los aforos durante la temporada de estiaje revelaron que, el manantial el chorro tiene un gasto de 21, 850.6 L/día, lo que beneficiaría a 168 personas de clase popular, así mismo el manantial Techacapa, con un gasto de 19, 906.2 L/día disminuiría los problemas por agua de 153 personas, mientras que 100 personas de la clase popular se verían beneficiadas con el gasto del manantial Casa Blanca.

El análisis bacteriológico de las aguas de los tres manantiales seleccionados reveló la presencia de bacterias coliformes totales y bacterias coliformes fecales, para ambos casos su número rebasó los límites establecidos por la normatividad vigente. Respecto a los parámetros químicos: pH, sólidos disueltos y dureza, sus valores se encuentran dentro de los límites permisibles, mientras que para los parámetros físicos de color, olor y sabor sus valores no rebasan los límites establecidos por la normatividad vigente, de tal manera que el único parámetro físico que rebasa los límites permisibles es el de turbiedad.

Cabe destacar que los manantiales el Chorro, Techacapa y Casa Blanca se encuentran localizados en zonas urbanas, donde existe poca vegetación en la periferia de cada manantial, mientras que las fuentes de contaminación para estos manantiales fueron primordialmente un canal de agua contaminada y un criadero de cerdos, esto exclusivamente para el manantial el Chorro, ya que para los manantiales Techacapa y Casa Blanca, no se encontró ningún un foco de contaminación en su periferia. De tal manera que el agua de estos manantiales se considera apta para uso y consumo humano, siempre y cuando sea sometida a tratamientos de cloración.

## **PROPUESTAS GENERALES DE MEDIDAS DE CONSERVACIÓN Y PROTECCIÓN PARA LOS MANANTIALES.**

### **Manantial el Chorro**

Para preservar la calidad del agua de este manantial la normatividad vigente (NOM-230-SSA1-2004) establece que esta fuente de agua debe protegerse con una cerca de malla de alambre o muros que impidan la introducción de desechos sólidos, líquidos o excretas y el paso de animales. La cerca perimetral de malla ciclónica debe ser de al menos 3 X 3 mts alrededor del nacimiento de agua. Esta obra de captación debe mantenerse libre de malezas permanentemente. De acuerdo a la NOM-003-CNA-1996, las fuentes potenciales de contaminación existentes que no pueden ser suprimidas tendrá un radio mínimo de 30 mts con respecto al nacimiento de agua.

Para el uso y consumo del agua de este manantial, la NOM-004-CNA-1996 establece que el agua deberá tratarse con cloro o hipoclorito de calcio, solución de hipoclorito de sodio o cualquier otro desinfectante de efecto similar, con la concentración apropiada y aprobada por la Secretaría de Salud. Se propone además establecer programas permanentes de limpieza en el área de cada manantial y realizar seguimientos de monitoreo de la calidad del agua.

### **Manantial Techacapa**

Este manantial ya cuenta con una construcción de concreto, por lo que únicamente deberá aplicarse la NOM-004-CNA-1996, para que el uso del agua sea segura. Cabe señalar, que este manantial se localiza dentro de las instalaciones de una dependencia federal, por lo que el manantial ni tiene ningún contacto con desechos sólidos, excretas o el paso de animales, además de estar exento de algún tipo de maleza. La recomendación para este manantial es establecer un programa de monitoreo de la calidad del agua.

### **Manantial Casa Blanca**

De acuerdo a la NOM-230-SSA1-2004, este manantial debe protegerse con una malla de alambre o muros que impidan la introducción de desechos sólidos, líquidos o excretas y el paso de animales, la cerca perimetral debe ser de 3 X 3 mts. Por localizarse en una zona de variada vegetación, el manantial debe mantenerse libre de malezas permanentemente. Las posibles fuentes de contaminación deberán ubicarse a una distancia mínima de 30 mts (NOM-003-CNA-1996).

La NOM-004-CNA-1996, establece que para el uso y consumo del agua de este manantial, deberá tratarse con cloro o hipoclorito de calcio, solución de hipoclorito de sodio o cualquier otro desinfectante de efecto similar, con la concentración apropiada y aprobada por la Secretaria de Salud. También se propone un programa permanente de limpieza del área de este manantial y un programa de monitoreo de la calidad del agua.

## **ANEXOS**

**ANEXO 1**

Fecha: 2/03/07

Manantial: Tecajetes 1

Periodo: Estiaje

Técnica: Medición de gasto en canales.

Canales	Largo (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)	Velocidad (cm/hr.)
1	2	78	18	0.6
2	2	68	15.5	0.6
3	2	76	20	0.6
4	2	7	3	1.9
1	2	78	18	0.6
2	2	68	15.5	0.6
3	2	76	20	0.6
4	2	7	3	1.3

Fecha: 2/03/07

Manantial: Tecajetes 2

Periodo: Estiaje

Técnica: Medición de gasto en canales.

Canales	Largo (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)	Velocidad (cm/hr.)
1	2	24	3	1.3
1	2	24	3	1.3

Fecha: 2/03/07

Manantial: Xallitic

Periodo: Estiaje

Técnica: Método directo

Litros	Segundos
9.60	0.0803
9.50	0.0700
8.57	0.0707
9.31	0.0749
8.20	0.0725
9	0.0728
8.75	0.0703
9	0.0705
9	0.0731
8.85	0.0734

Fecha: 4/03/07

Manantial: Independencia 1

Periodo:

Técnica: Método directo

Litros	Segundos
1.65	17
1.46	16.15
1.53	16.15
1.61	17.28
1.63	17.28
1.57	17.16
1.59	17.22
1.54	16.93
1.59	17.28
1.60	17.29

Fecha: 4/03/07

Manantial: Independencia 2

Periodo:

Técnica: Medición de gasto en canales

Canales	Largo (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)	Velocidad (cm/hr.)
1	6	10	2.5	0.6
1	6	10	2.5	0.6

Fecha: 4/03/07

Manantial: Casa Blanca

Periodo: Estiaje

Técnica: Medición de gasto en canales

Canales	Largo (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)	Velocidad (cm/hr.)
1	10	33	3.8	.06

Fecha: 4/03/07

Manantial: Murillo Vidal

Periodo: Estiaje

Técnica: Medición de gasto en canales

Canales	Largo (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)	Velocidad (cm/hr.)
1	2	50	26	1.3

Fecha: 30/03/07  
 Manantial: Techacapa  
 Periodo: Estiaje  
 Técnica: Medición de gasto en canales

Canales	Largo (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)	Velocidad (cm/hr.)
1	2	55	2.1	1

Fecha: 30/03/07  
 Manantial: Parque Juárez  
 Periodo: estiaje  
 Técnica: Medición de gasto en canales

Canales	Largo (cm)	Ancho (cm)	Alto (alto)	Velocidad (cm/hr.)
1	2	21.5	2.4	1.3

Fecha: 28/04/07  
 Manantial: El chorro  
 Periodo: estiaje  
 Técnica: Medición de gasto en canales

Cm <sup>3</sup>	Minutos
1.65	5

Fecha: 03/05/07  
 Manantial: Tecuanapan  
 Periodo: estiaje  
 Técnica: Vertedero

Vertedero	Largo (cm)	Ancho (cm)	Alto
1	10	10	1.2
2	10	10	1.8
3	10	10	1.9
4	10	10	1.6
5	10	10	1.9
6	10	10	1.6
7	10	10	1.6
8	10	10	2.4
9	10	10	1.9
10	10	10	1.5
11	10	10	1.4

Fecha: 03/05/07  
Manantial: Tecuanapan 2  
Periodo: estiaje  
Técnica: Vertedero

Litros	Segundos
9.300	6.36
9.400	6.72
9.800	6.70
9.200	6.48
10.00	6.82
9.500	6.91
9.600	6.74
9.800	6.96
9.900	6.81
9.700	6.64

## ANEXO 2



MANATIAL EL CHORRO



MANANTIAL DE TECHACAPA



MANANTIAL CASA BLANCA

## **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

Arriaga, Aguilar, Alcocer (2000). Aguas continentales y diversidad biológica de México, Conabio, México.

Bermúdez Gorrochotegui Gilberto (2003). Los orígenes de Xalapa, Crónica de Xalapa, consejo de Crónica de Xalapa.

Breach Ian, (1978). Contaminación, Montaner y simón, España.

Broca Castillo Abraham, (2003). Características de la población, en revista: Crónica de Xalapa, Consejo de la Crónica de Xalapa. Núm. 4 Abril, pp2-12

Capitanachi Moreno, Clío (2001). Unidades ambientales urbanas: Bases meteorológicas para la comprensión integrada del espacio urbano. Instituto de Ecología-SIGOLFO\_UV. Xalapa, p.87-88.

Mariano Seoanez Calvo (1996). Ingeniería del medio ambiente. Editorial Mundiprensa. Madrid, España.

Carwardine Mark (1992) Manual de conservación del medio ambiente. Plural de ediciones, España.

Charles Geyer John. Volumen 3. Ingeniería Sanitaria y de Aguas Residuales. Grupo Noriega Editores.

Clemente Mendoza Agustina, Paredes Delgado Citlallin (1997). Calidad de los manantiales de la ciudad de Xalapa Ver. Tesis de Ingeniería. Facultad de Ingeniería Química. Universidad Veracruzana. Xalapa. Veracruz.

CNA – 2002.

CONAGUA, 2003.

Custodio , LLamas (1983). Hidrología Subterránea. Ed. Omega. Barcelona, España.

Freeman Myrick (1987). Control de la contaminación del agua y el aire. Ed. Limusa, México.

Gaceta Oficial del Estado # 57

Haro Juan (1983). Calidad y conservación del medio ambiente. Cincel, Colombia.

INEGI – 2006.

(INEGI, 2002 ).

Glynn Henry, Gari Heinke. Segunda Edición. Ingeniería Ambiental. Editorial Pearson.

Larante S (2003). Calentamiento global y ciclo hidrológico. Mundo científico, No.126, p656-663.

López Moreno Ismael (1993). Ecología Urbana aplicada a la ciudad de Xalapa Talleres de Arte Gráfica. Graphos, Xalapa.

López. (1998). Aspectos Hidrológicos de la ciudad de Jalapa. Veracruz. Tesis de Licenciatura Facultad de Instrumentación Electrónica. Universidad Veracruzana. Xalapa Ver. México

Marchal, J, Palma R (1985). Análisis gráfico de espacio regional Veracruz. INIREB. ORSTOM. Xalap, Ver 155pp.

B. Nekrasov (1968). Hidráulica, Editorial Mir. Moscu.

Soto Margarita, Gómez Magda (1990). Atlas climático del municipio de Xalapa, Instituto de Ecología. Xalapa, Ver.

Tamayo, J.L. (1962). Geografía general de México. Geografía biológica y humana. Tomo III. Instituto Mexicano de Investigaciones Económicas, México, D. F.

The un World Water Development Report: Water for People, Water for Life, 2003. UNESCO.org.

Trueba Coronel Samuel (1978). Hidráulica. Editorial Continental. México.

Ordóñez Ordóñez María de Jesús, García Olica Felipe (1992). Zonificación ecoproductiva de Veracruz.en: BOEGE, Eckart e Hipólito

Organización panamericana de la salud. Vol. 1 y 2. (1987). Guías para la calidad del agua potable. México.

Orozco Barrenetxia Carmen (1995). Contaminación ambiental. una visión desde la química. Editorial THOMSON. España.

Perry Robert, Green Don (2005). Séptima edición. Manual del Ingeniero Químico Editorial Mc. Graw-Hill. U.S.A.

Rodríguez Herrero Hipólito (1998). Las Ciudades del Golfo ante el Desafío Económico y Social de fin de Siglo. En: Boletín Informativo del CIESAS-Golfo. Año 4, Abril-Junio, No 16.

Russell George (1982). Hidráulica, CECSA, México.

Science for a changing World (USGS), Apr., 2007.

Seoanez Calvo Mariano (1996). Ingeniería del medio ambiente. Mundi-prensa, España.

Stockholm International Water Institute, ONU, Proyecto Milenio. Organización de la Naciones Unidas, Health, Dignity and Development: What Will it Take, Nueva York, 2005.

UNICEF. Participantes en la conferencia electrónica de 2002 sobre Abastecimiento de agua potable a nivel doméstico.

(USGS, 2007).

[www.Portaplanetasedna.com.ar/población.htm](http://www.Portaplanetasedna.com.ar/población.htm) (2007).

[www.conabio.gob.mx/conocimiento/regionalizacion/doctos/Hlistado.html](http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/regionalizacion/doctos/Hlistado.html) (2007).

[www.agua.org.mx](http://www.agua.org.mx) (2007).

Zolá, Manuel (1987). La vegetación de Xalapa. Veracruz. INIREB. Xalapa, p 34.