



---

---

# UNIVERSIDAD VERACRUZANA

## FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA

### ESPECIALIZACIÓN EN DIAGNÓSTICO Y GESTIÓN AMBIENTAL

TRABAJO RECEPCIONAL  
PARA OBTENER EL GRADO DE:

**ESPECIALISTA EN DIAGNÓSTICO Y GESTIÓN AMBIENTAL**

*Diagnóstico de la Microcuenca del Manantial de "Las Ánimas"  
en Xalapa, Veracruz, México.*

PRESENTAN:

Hernández Domínguez Lucio  
Hernández Flores Tannya Alicia  
Piedra Castillo Karla  
Piedra Castillo Lorena

Xalapa, Ver. Julio de 2006

---

---

## INDICE

RESUMEN.....	5
1. INTRODUCCIÓN.....	8
1.1 Planteamiento del Problema .....	8
1.2 Justificación .....	11
1.3 Objetivos.....	13
2. ANTECEDENTES .....	14
2.1 Importancia del agua.....	14
2.2 Las Cuencas .....	15
2.3 Importancia de la cobertura vegetal .....	17
2.4 Riparios.....	19
2.5 Servicios ambientales de la cobertura vegetal .....	20
2.6 Problemática del Agua .....	23
2.6.1 Desabasto de Agua .....	23
2.6.2 Pérdida de la calidad del agua .....	24
2.7 Factores que inciden en la problemática del agua.....	25
2.7.1 Deforestación .....	25
2.7.2 Pérdida de la biodiversidad .....	28
3. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO .....	31
3.1 Localización geográfica.....	31
3.2 Medio físico.....	33
3.2.1 Clima e Hidrología.....	33
3.2.2 Orografía.....	33
3.2.3 Suelo.....	34
3.3 Medio biótico .....	34
3.3.1 Flora .....	34
3.3.2 Fauna .....	35
3.4 Aspecto Socioeconómico.....	36
4. METODOLOGÍA.....	37
4.1 Componente vegetación .....	38
4.2 Componente topografía y suelo .....	39
4.3 Componente urbanización .....	39
4.4 Componente Agua .....	41
5. RESULTADOS .....	44
5.1. Componente Vegetación.....	44
5.2. Componente Topografía y Suelo .....	45
5.3. Componente Urbanización.....	48
5.4. Componente Agua .....	49
5.5. Diagnóstico integrado .....	56

---

---

6. CONCLUSIONES.....	57
BIBLIOGRAFÍA.....	61
ANEXOS.....	65
ANEXO A. "Pago de servicios ambientales" en México .....	66
ANEXO B. Clasificación de fotografía aérea.....	70
ANEXO C. Álbum fotográfico .....	71

---

---

## INDICE DE CUADROS

<b>Cuadro</b>	<b>Página</b>
1. Especies vegetales identificadas en el Fraccionamiento Las Ánimas .....	34
2. Especies animales identificadas en el Fraccionamiento Las Ánimas.....	35
3. Variables consideradas para el análisis .....	38
4. Variables consideradas para el análisis .....	40
5. Perfiles realizados en el área de estudio .....	46
6. Resultados fisicoquímicos y bacteriológicos de los puntos de muestreo. ....	49
7. Resultados cuantitativos del análisis bacteriológico. ....	55
8. Resultados cualitativos del análisis bacteriológico. ....	55

---

---

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura</b>	<b>Página</b>
1. Localización del área de estudio en el municipio de Xalapa .....	32
2. Diagrama de flujo que esquematiza la metodología seguida.....	43
3. Ubicación de los puntos de muestreo de suelo y delimitación del área de estudio. ....	47
4. Ubicación de los puntos de muestreo de agua y delimitación del área de estudio. ....	50
5. Oxígeno disuelto en los diferentes puntos de muestreo.....	51
6. Contenido de amonio en los diferentes puntos de muestreo .....	52
7. Contenido de nitritos en los diferentes puntos de muestreo.....	52
8. Contenido de fósforo en los diferentes puntos de muestreo .....	53

---

---

*AGRADECIMIENTOS:*

*A Dios:*

*Por darnos la fuerza para seguir adelante día a día.*

*A nuestros Padres y Hermanos:*

*Por brindarnos su apoyo incondicional y por estar ahí para nosotros.*

*A nuestros Esposos :*

*Por impulsarnos a conseguir nuestras metas.*

*A nuestros hijos:*

*Por ser fuente de inspiración y alentarnos a seguir adelante en todo momento.*

*A nuestros amigos:*

*Por ser parte de nuestra vida y brindarnos su amistad.*

*Un especial agradecimiento al M. en C. Víctor Manuel Vázquez Reyes por el apoyo que nos brindó no solo durante la realización de este trabajo, sino durante todo el postgrado.*

---

## RESUMEN

En la actualidad se vive a nivel mundial un problema generalizado de desabasto de agua, el cual se agudiza cada vez más principalmente por el uso irracional de los recursos naturales, por lo que es necesario tomar acciones encaminadas a recuperar y utilizar de manera sustentable los recursos. Por esto, el presente trabajo realiza una evaluación ambiental del sitio a fin de tratar de proteger este recurso y mejorar la situación actual de la microcuenca así como de los cuerpos de agua ubicados en el Fraccionamiento "Las Ánimas" en la ciudad de Xalapa, Veracruz, México. Esta microcuenca tiene actualmente especial importancia estética, sin embargo posee también importancia biológica y potencialidades para poder utilizar el agua con finalidad de abasto público, pero enfrenta amenazas tales como contaminación de sus embalses. Para identificar la problemática que se presenta en el área de estudio, se realizaron análisis de calidad del agua, perfiles de suelo, identificación de la vegetación y análisis de fotografía aérea para obtener un diagnóstico integral del área de estudio. Los resultados obtenidos sugieren que los cuerpos de agua de la microcuenca se encuentra en buenas condiciones y que con un manejo adecuado pudiera mantenerse e incluso mejorarse para utilizarse como fuente de abastecimiento alterna, dada la situación de escasez del vital líquido en la capital del estado; lo anterior contrasta con el resto de los cuerpos de agua que se encuentran en mal estado debido a la contaminación, por lo tanto, las recomendaciones van encaminadas a mantener y mejorar tanto la calidad del agua del manantial, para su posible aprovechamiento, como el aspecto visual de los lagos del fraccionamiento.

Palabras clave: microcuenca, agua, restauración, desabasto.

---

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1 Planteamiento del Problema

Una de las problemáticas más importantes en el presente siglo, es el abastecimiento de agua, pues dicho problema mundial estará marcado por la disponibilidad, calidad y la vulnerabilidad de cada país para enfrentar tales retos (Kulshreshtha, 1998; McIntosh, 2001; Vaux, 2002). Este, es un recurso vital para el hombre, por lo que es fuente de conflictos de la era moderna (Ortiz, et al. 1998; Herrera, 2000). El vital líquido ha sido siempre un elemento central en la historia de la humanidad y su utilización ha tenido profundas implicaciones sociales, económicas y políticas. Por tal razón, las estrategias y la toma de decisiones en este campo, pueden tener un impacto importante en el futuro de los países y sociedades.

Actualmente se vive a nivel mundial una alerta por escasez de agua para consumo humano tanto por agotamiento de los manantiales debido a la sobreexplotación, como por la contaminación de ríos y lagunas. En este sentido, el ex vicepresidente del Banco Mundial a finales de los años noventa preveía, "Las guerras del siglo XXI se librarán a causa del agua".

Uno de los puntos más conflictivos en este aspecto es Latinoamérica. De hecho, la primera gran guerra del agua del siglo XXI estalló en Bolivia cuando el Banco Mundial exigió, para la renovación de un préstamo de 25 millones de dólares, la condición de que se privatizaran los servicios de agua del país más pobre de Latinoamérica.

En Argentina, las asociaciones de consumidores y otros grupos han luchado durante una década contra la privatización de la red de agua corriente pública por parte de la empresa francesa Suez. En Lima, los pobres pagan a un vendedor privado hasta tres dólares por metro cúbico de agua, suministro que deben recoger y transportar en cubos por sus propios medios y que, a menudo, contiene agua contaminada. Los ciudadanos más opulentos, en cambio, pagan 30 centavos por metro cúbico de agua tratada que sale por el grifo de sus viviendas.

---

En México el problema del agua es análogo. Según datos de la Comisión Nacional del Agua (CNA, 2002), la presión sobre el recurso hídrico en la mayor parte del país va de media-fuerte a fuerte; mientras que por otro lado, la disponibilidad de agua actualmente asciende a 4,841m<sup>3</sup>/hab. Las cifras muestran un panorama difícil de resolver en donde el manejo del agua debería involucrar aspectos de vulnerabilidad, entendida como el daño potencial al abasto y/o disponibilidad del recurso agua, enfocados a una mejor administración del agua.

Los problemas del agua se relacionan no sólo con las condiciones naturales (oferta de agua) y sociales (demanda), sino con la dinámica social que condiciona el acceso y manejo del recurso (Ávila, 1996).

El agua es escasa en la mayor parte de la república, debido a que hay zonas en las que llueve poco, y por la contaminación que afecta todo el territorio nacional. Las descargas de contaminantes a través de aguas residuales, entre otras, provocan la contaminación de ríos, lagunas, acuíferos, estuarios y aguas costeras. Esto sin mencionar el desmedido crecimiento de la población que ha provocado la tala de bosques y selvas, aminorando la captación de agua de los manantiales y ríos; se han desviado los cauces de los ríos o bien se han desecado lagos o arroyos con la finalidad de tener más espacios donde poder construir unidades habitacionales.

Al respecto de tales tendencias, la CNA ha promovido los Consejos de Cuenca para su manejo y conservación, sin embargo sus resultados son aún limitados dado que se trata de un proceso de "apropiación" del recurso, cuyo concepto y aplicación no son muchas veces inmediatos. En relación a esta propuesta de gestión del recurso, recientemente se ha sumado el Gobierno del Estado de Veracruz con el programa Agua, Bosques y Cuencas, en la cual la Universidad Veracruzana ya ha tenido participación, pero se requiere renovar esfuerzos.

En relación a la problemática del agua un claro ejemplo de la problemática en el país por el recurso agua, es la situación que se presentó en Chiapas en el año 2004, cuando la población indígena del estado, emprendió una batalla contra La Compañía Coca-Cola, empresa que intentó asegurarse el control de las reservas de agua más importantes del país. En donde la mayor parte de la población sufre recortes de

---

agua y más del 30% de los suministros de agua dulce se encuentra precisamente en la región de Chiapas, donde la multinacional Coca-Cola se ha posicionado para controlar los acuíferos locales, presionando a los gobiernos locales para utilizar leyes de zonificación preferencial con el fin de incrementar el control privado sobre los manantiales.

En lo que respecta a la ciudad de Xalapa, uno de los principales problemas que presenta, a pesar de estar situada en un área con precipitación anual promedio de 1454mm, es la escasa y desigual aportación del recurso agua a la población. Esto debido a que las actuales fuentes de abastecimiento de los alrededores de la ciudad, principalmente en las faldas del Cofre, han disminuido su caudal como consecuencia, entre otras cosas, de la deforestación. Por este motivo ha sido necesario traer el agua desde distancias mayores como lo es la presa Huitzilapan en el municipio de Quimixtlán, Puebla.

Otra solución ha sido la utilización de otras fuentes de abastecimiento cercanas como el manantial del Castillo, cuya calidad es variable a lo largo del año, llegando incluso a ser dudosa en temporada de estiaje; esto debido a los contaminantes que puede presentar como resultado de las infiltraciones de aguas residuales vertidas directamente en el subsuelo a las cavernas o resumideros.

Con este panorama, una posibilidad es enfocar esfuerzos para recuperar los cuerpos de agua de los que se abastece Xalapa y considerar alternativas de utilizar algunos otros que actualmente no se utilizan, como por ejemplo el manantial Xallitic, el de los Lavaderos ubicado en la Av. Ruíz Cortínez, el de los Tecajetes e incluso el de las Ánimas. Tomando como ejemplo a la población de Banderilla, la cual tiene como principal fuente de abasto público los manantiales ubicados en sus alrededores e incluso dentro de la mancha urbana; de entre estas alternativas, el manantial de las Ánimas es altamente atractivo por poseer un caudal superior a los 100 l/s (según los aforos de la CNA). Además de ser el último manantial con un potencial de utilización en la parte Este de la ciudad, el cual podría abastecer en promedio a 50 mil habitantes por día con aproximadamente 173 l/día por habitante, (calculados a partir del aforo de la CNA).

---

Hay que considerar seriamente que la disputa por el agua es un tema que nos ha alcanzado, pues existe actualmente un litigio por el agua que se surte de la presa Huitzilapan, debido a lo cual la población de Xalapa corre el riesgo de corte del suministro por los habitantes de esa localidad.

## 1.2 Justificación

Hoy en día en un contexto de problemáticas ocasionadas por la escasez de agua, es importante realizar trabajos para rescatar las fuentes de abastecimiento como corrientes y acuíferos que se han deteriorado principalmente por las actividades antropogénicas, ya que la mayoría de los ríos que nos abastecen se encuentran cada vez en peores condiciones, además de quedar muy pocos, de ahí la importancia de elaborar propuestas para recuperar y aprovechar los manantiales que se encuentran en las ciudades, los cuales frecuentemente no son reconocidos como posibles fuentes de abastecimiento, por lo que el agua en muchas ocasiones no se aprovecha.

Uno de estos manantiales es el que se encuentra en el Fraccionamiento Residencial "Las Ánimas" en la ciudad de Xalapa, Ver. México, el cual podría ser una fuente alterna de abastecimiento de agua que solucionaría parte de la problemática de escasez que se vive actualmente en la ciudad de Xalapa; esto siempre y cuando sea aprovechada de manera racional y llevando a cabo las acciones que fueran necesarias en su momento con el fin de asegurar o bien incrementar el caudal que tiene actualmente el manantial.

Debido a que la escasez del agua es un asunto preocupante, esta problemática se consideró a nivel nacional en el Plan Nacional Hidráulico como un recurso estratégico y de Seguridad Nacional. Además, existe legislación tanto estatal (Ley Estatal del Agua) como Federal (Ley de Aguas Nacionales y su reglamento) que avalan o promueven el uso eficiente del agua y el mejoramiento de la calidad, así como acciones para incrementar su cantidad. Con este panorama, dado el enfoque que se le da al trabajar a nivel de cuenca aledaña al manantial y a los lagos, el presente trabajo puede ser encuadrado dentro del programa **Agua, Bosques y**

---

Cuencas (ABC), que actualmente promueve el gobierno del Estado de Veracruz y en el cual la Universidad Veracruzana ha tenido participación.

Cabe señalar el interés que hay por parte de los vecinos de este fraccionamiento por mejorar la calidad visual de los cuerpos de agua y de la vegetación que los rodea, lo que conlleva a implementar acciones para mantener un cierto nivel en la calidad del agua, así como restaurar el humedal y las áreas verdes aledañas, que de forma integral permitirían el aprovechamiento de este recurso.

En resumen, el presente trabajo se realiza tomando en consideración la problemática en el abasto de agua de Xalapa con la finalidad de involucrar a las instituciones académicas especializadas en la regulación de la problemática social o ambiental, utilizando herramientas de diagnóstico ambiental y ligándolas a instrumentos públicos de gestión ambiental como los relacionados con el manejo y conservación de microcuencas, a través de acciones tendientes a la conservación y restauración de la calidad del recurso.

### **1.3 Objetivos.**

#### **Objetivo general:**

Elaborar un diagnóstico ambiental de la microcuenca de Las Ánimas, con el propósito de evaluar la factibilidad de aprovechar el recurso agua.

#### **Objetivos particulares:**

- Caracterizar las condiciones del medio físico, biótico y socioeconómico del sitio de estudio.
  
- Determinar la calidad del agua en el sitio de estudio.
  
- Identificar las alteraciones del agua del manantial en su recorrido por la zona de estudio, así como sus posibles causas.
  
- Elaborar una serie de recomendaciones para el mejoramiento y conservación de la microcuenca de Las Ánimas.

---

## 2. ANTECEDENTES

### 2.1 Importancia del agua

El agua forma parte de todos los ecosistemas. De su existencia y conservación depende un sinnúmero de recursos naturales, así como todas las actividades humanas desde las que tienen que ver son su subsistencia hasta con el desarrollo como nación; es así que el manejo y conservación del vital líquido es tema central para la gestión ambiental.

En términos ambientales, el tema del agua es el problema más importante que enfrentará el país en este siglo y se considera que se encuentra en una de las mayores crisis que desafía Latinoamérica.

Debe mencionarse que la distribución global del agua es la siguiente: en el planeta hay aproximadamente 1.35 millones de kilómetros cúbicos de agua, de los que el 97.4% está en el océano y el resto en los continentes y en la atmósfera. Del 2.6% que no está en el mar, el 0.6% está en el subsuelo y el 0.14% en la atmósfera, ríos, lagos y aguas subterráneas (INEGI, 2002).

El 1.98% del agua está en los glaciares y en los polos del planeta. En general de toda el agua que llueve y escurre por la superficie de nuestro planeta, aprovechamos el 12% y de esa cantidad el 85% se utiliza en la agricultura, el 5% en la industria, el 5% para usos domésticos y el resto en usos diversos. En México, la mayoría del agua que escurre se aprovecha principalmente en la generación de energía eléctrica (INEGI, 2000).

Más de la mitad del territorio mexicano, localizado en el centro y norte del país dispone del 19% del agua que escurre anualmente, pero ahí se concentran dos terceras partes de la población, el 70% de la actividad industrial y el 40% de las tierras de temporal. Mientras que en el sureste del territorio, que comprende menos de la cuarta parte de superficie nacional, escurre el 76% de agua, habita el 24% de la población y está poco industrializada (INEGI, 2002).

---

Las zonas áridas y semiáridas, donde se encuentra más de la mitad de los suelos aptos para la agricultura, disponen de menos del 10% del total del agua del país. La sobreexplotación produce, entre otros fenómenos hundimiento del suelo con sus nocivos efectos en las construcciones y el dramático aumento en los costos de perforación y bombeo (INEGI, 2002).

La CNA informa que sólo el 10% del agua superficial cumple con las normas oficiales para que pueda ser utilizada sin tratamiento alguno.

## 2.2 Las Cuencas

La Ley de Aguas Nacionales (2004) establece que: "Cuenca Hidrológica es la unidad del territorio, diferenciada de otras unidades, normalmente delimitada por un parte aguas o divisoria de las aguas -aquella línea poligonal formada por los puntos de mayor elevación en dicha unidad-, en donde escurre el agua en distintas formas, y ésta se almacena o fluye hasta un punto de salida que puede ser el mar u otro cuerpo receptor interior, a través de una red hidrográfica de cauces que convergen en uno principal, o bien el territorio en donde las aguas forman una unidad autónoma o diferenciada de otras, aun sin que desemboquen en el mar. En dicho espacio delimitado por una diversidad topográfica, coexisten los recursos agua, suelo, flora, fauna, otros recursos naturales relacionados con éstos y el medio ambiente. La cuenca hidrológica conjuntamente con los acuíferos, constituye la unidad de gestión de los recursos hídricos. La cuenca hidrológica está a su vez integrada por subcuencas y estas últimas están integradas por microcuencas".

Partiendo de una definición básica, una cuenca es el territorio que aporta agua al río que contiene, o sea, es el área total de terreno que drena agua en forma directa o indirecta en un arroyo, río, lago, pantano, bahía o en un acuífero subterráneo. Suele recibir el nombre de la corriente pluvial a la que alimenta, (Nebel y Wrigth, 1999).

Complementando el concepto, una cuenca es un área natural en la que el agua proveniente de la precipitación pluvial forma un curso principal de agua, hasta que llega al mar, lago u otro río mayor (Palma, *et al.*, 2000). La cuenca es una unidad

---

hidrográfica, conformada por el conjunto de sistemas de curso de aguas y delimitada por las cumbres, o el relieve que la comprende, siendo sus límites el "parte aguas".

A pesar de los límites físicos, la cuenca es un sistema dinámico con componentes físicos tales como el agua, el aire, el suelo, subsuelo, el clima y los minerales, biológicos como la flora y la fauna, antropogénicos como los socioeconómicos, culturales e institucionales. Todos estos componentes están interrelacionados y en un determinado equilibrio, de manera que al afectar uno de ellos, se produce un desequilibrio en el sistema que de acuerdo a la capacidad de carga del mismo tiende a recuperar nuevamente el balance o a producir una nueva condición pero deteriorada (Dardón, *et al*, 2002). Además, siendo la cuenca un sistema dinámico presenta innumerables cambios en el tiempo, en donde los de origen antropogénico reflejan la cultura de la sociedad que la habita. Por lo que, una cuenca hidrográfica es una unidad natural adecuada para la coordinación de procesos de manejo diseñados para asegurar el desarrollo sustentable (Dourojeanni, 2001).

Para efectos prácticos, una cuenca hidrográfica puede ser dividida en las secciones (Basterrechea *et al.*, 1996):

- Cuenca alta, que corresponde con las áreas montañosas limitadas en su parte superior por el parte aguas.
- Cuenca media, que comprende las zonas de pie de monte y valles bajos, donde el río principal mantiene un cauce definido.
- Cuenca baja o zonas de transición (como los estuarios o humedales), donde el curso de agua divaga o desaparece como tal.

Por ser las cuencas un sistema dinámico integral se reconoce universalmente como unidades biogeográficas que se prestan a un manejo sistémico del ambiente abarcando todas sus componentes y sus interacciones con los factores sociales, culturales y económicos.

Las cuencas hidrográficas son el sustento de las comunidades humanas y demás comunidades bióticas que las habitan. Sus servicios ambientales son innumerables y su buen manejo permite que las actividades propias del desarrollo físico puedan realizarse sin alterar significativamente las condiciones del medio natural y

---

manteniendo su productividad para que se beneficien también de éstas las futuras generaciones, que es la esencia del desarrollo sustentable.

Desafortunadamente, la mayoría de cuencas hidrográficas no han sido objeto de un ordenamiento inadecuado y su manejo en términos generales no obedece a planes integrales de desarrollo sino que se realiza de manera espontánea con fines utilitaristas que producen buenos resultados económicos inicialmente pero terminan destruyendo los recursos que se pretendía aprovechar. Sin embargo, vale destacar que existen excepciones muy positivas, cuencas para las cuales se prepara un plan de manejo que se cumple bajo la dirección de una o más entidades oficiales o privadas y con la participación de las comunidades ubicadas en las áreas de influencia.

Sin embargo, las cuencas hidrográficas son algo más que sólo áreas de desagüe alrededor de nuestras comunidades. Son necesarias para dar apoyo al hábitat para plantas y animales, y proporcionan agua potable para las personas y la vida silvestre. También nos proporcionan la oportunidad para divertirnos y disfrutar de la naturaleza.

### **2.3 Importancia de la cobertura vegetal**

No existe duda alguna sobre el importantísimo papel que juegan la vegetación en la protección de los recursos naturales renovables: agua, suelo, flora y fauna.

Los bosques de América Latina y el Caribe son los bosques tropicales más importantes del mundo, tanto por su extensión geográfica como por su riqueza biológica y complejidad ecológica. De los diez países con los bosques tropicales más extensos seis se encuentran en el neotrópico: Brasil, Perú, Colombia, Bolivia, México y Venezuela, estos seis países acaparan casi la mitad de los bosques tropicales del mundo. En total se estima que los bosques neotropicales cubren 9.2 millones de Km<sup>2</sup>, lo que equivale al 52% de todos los bosque tropicales que existen en el planeta (WRI, 1994).

---

En muchas partes del mundo, los bosques están seriamente amenazados. Durante la década de los noventa, se perdieron en promedio casi 15 millones de hectáreas boscosas por año, especialmente en las zonas tropicales.

Las tasas más rápidas de deforestación se registraron en América latina y África mientras que en Asia la reducción de los bosques naturales se recompensa con creces por la plantación de nuevos espacios arbolados.

México ocupa un lugar privilegiado en el mundo por la diversidad de los bosques naturales, ocupa el 4º lugar en diversidad forestal mundial. Los bosques y selvas brindan una infinidad de servicios ambientales, desde la regulación del ciclo hidrológico y el micro clima hasta fenómenos globales como la biodiversidad y la captura de carbono. Los bosques también son una fuente de ingresos y de materias primas para los pobladores rurales de México al igual que para un amplio número de pequeñas empresas y grandes industrias forestales.

De acuerdo con un análisis del Centro de Estudios del Sector Privado para el Desarrollo Sustentable (CESPEDES, 2001), en México se ha perdido más de la mitad de los bosques de coníferas y encinos. De las selvas caducifolias, que antes ocupaban buena parte de la vertiente del Pacífico, del sur de Sonora hasta Chiapas, y que llegaron a ser hasta 16 millones de hectáreas, hoy solo queda la tercera parte.

La deforestación anual en México, llega a las 500 mil hectáreas, el sureste del país es el más afectado, ya que ahí se pierden casi 200 mil hectáreas. En total, hasta el momento se estima que ha desaparecido alrededor del 50 % de la cubierta vegetal con que contaba el país hasta principios del siglo XX, pero hay casos extremos, como las selvas húmedas o bosques tropicales, que son los ecosistemas terrestres de mayor diversidad y productividad biológica, ya que de 22 millones de hectáreas, actualmente sólo quedan 800 mil dispersas en la región Lacandona, en los Chimalapas, Veracruz y Oaxaca.

La deforestación aumenta rápidamente a partir de 1950 por la introducción de la maquinaria pesada, las tasas anuales de deforestación en 52 países se duplicaron entre 1981 y 1990 incluyéndose México. Actualmente la tarea de inspección y

---

vigilancia forestal comprende los 141.7 millones de hectáreas de superficie forestal reportada (Inventario Nacional Forestal, 2000).

El concepto de reforestación involucra aspectos sociales, económicos y del medio ambiente, tendientes a mantener y mejorar las condiciones de vida de generaciones actuales y futuras, mediante técnicas y métodos que garanticen el aprovechamiento racional de los recursos naturales renovables y no renovables, por ambas generaciones.

## **2.4 Riparios**

Ripario es aquella vegetación, distribuida a lo largo de todas las áreas aluviales, es la vegetación que crece en ambos lados de las corrientes de ríos y son importantes para la preservación del recurso hídrico, la estabilización de los cauces, dispersión de la biota y albergue de fauna. Normalmente, puede estar conformada por las especies del ecosistema que las rodea, a excepción de sitios inundables donde esta constituida por vegetación hidrófila.

Estos bosques riparios, ocupan sobre las barrancas una estrecha franja a ambos lados del río, conformando una densa agrupación de árboles, arbustos, enredaderas, hierbas y epifitas; se pueden observar en éstos dos estratos arbóreos, el estrato superior compuesto por ejemplares altos, superiores a 12 metros, que pueden llegar a los 25 metros de altura; en tanto que el estrato inferior, entre 8 y 12 metros de alto, está integrado por árboles bajos y arbustos, mientras sobre los árboles crecen plantas epifitas como orquídeas (y numerosas enredaderas), más abajo en el sotobosque o estrato herbáceo debajo de los árboles prosperan plantas que soportan sombra y humedad.

En el curso inferior de los ríos y sobre las riberas de los grandes colectores, los bosques de riberas se caracterizan por la presencia de especies que son más resistentes a excesos de humedad e inundaciones frecuentes.

---

## 2.5 Servicios ambientales de la cobertura vegetal

Los numerosos y valiosos servicios que proporcionan las cubiertas vegetales, tales como la regulación de los flujos hidrológicos, mantenimiento de la calidad del agua de las corrientes y la captura de carbono, además de la biodiversidad que albergan, juegan un papel fundamental en la determinación de los servicios que pueden ofrecer y a quienes se les pueden otorgar (CONAFOR, 2004).

Las plantaciones de monocultivo no albergan, obviamente, mucha biodiversidad; sin embargo, pueden incidir en los flujos hidrológicos y capturar carbono. Dentro de la gran variedad de beneficios que nos proporciona la vegetación (CONAFOR, 2004), se pueden mencionar tres categorías principales:

**a)** Protección de las cuencas hidrológicas. Los bosques pueden desempeñar un papel importante en la regulación de los flujos hídricos y en la reducción de la sedimentación. Los cambios en la cobertura forestal pueden afectar la cantidad y la calidad de los flujos de agua en la parte baja de la cuenca, además de su dinámica temporal.

Al mantener el suelo sombreado elevan la humedad relativa del sitio que aunada a la evapotranspiración, retiene la humedad ambiental y promueve el estacionamiento de masas de aire húmedo.

Las gotas de lluvia son interceptadas por las copas de los árboles provocando una disminución de la fuerza erosiva del agua. Promueven la lenta infiltración del agua a las capas superficiales del suelo, pues el dosel alarga el tiempo de goteo, permitiendo una mayor infiltración.

El agua infiltrada va a desplazarse sub-superficialmente (flujo laminar) y, dependiendo de la permeabilidad y de las capas internas del suelo, va a aflorar en manantiales o desplazarse hasta ser contenida en los acuíferos.

La "precipitación horizontal", capta el agua a partir de la niebla que se forma precisamente en el bosque de nuestra área de estudio (bosque mesófilo de montaña

---

o de niebla). La deforestación modifica el comportamiento y distribución de la niebla reduciendo la capacidad de captación de agua mediante este proceso.

**b) Conservación de suelos.** Relacionado con la captación del agua de lluvia, un segundo servicio ambiental de vital importancia es la conservación del suelo. El potencial de erosividad de las grandes cantidades de lluvia que comúnmente caen en la zona de bosque mesófilo de montaña, es exacerbada por las numerosas laderas generalmente empinadas. Por lo que al deforestar y dejar expuesto el suelo se puede casi garantizar que éste se erosionará con rapidez.

En cualquier lugar, la erosión del suelo representa la mayor pérdida de recursos naturales que se puede contemplar debido a la lentitud con la que éste se forma de manera natural. Dado que el suelo es un reservorio muy importante de semillas y plántulas y de microfauna natural, el efecto de su pérdida es aún más devastador que la pérdida de la cobertura vegetal misma, pues retrasa por siglos la regeneración del ecosistema original.

Los suelos de los ecosistemas húmedos y templados son especialmente importantes en términos ecológicos, ya que la descomposición de la materia orgánica puede ser muy lenta y tiende a acumularse formando capas muy gruesas de suelo, e inclusive a formar turberas en llanuras y otros sitios planos dentro de los bosques muy sombreados. La erosión de estos suelos no sólo trae las consecuencias ya señaladas, sino que la recuperación del suelo perdido en pendientes pronunciadas, sin vegetación y en presencia de precipitaciones muy fuertes, es imposible. Por ello, las actividades humanas en estos bosques que han sido más exitosas y adecuadas ecológicamente, son el cultivo del café bajo sombra y el manejo racional de los bosques, pues no eliminan la cobertura vegetal del suelo (CONAFOR, 2004).

Como se mencionó, por su importancia en la captación de agua y para evitar la erosión del suelo en el centro de Veracruz, la cubierta boscosa de extensas áreas en esta región es fundamental para evitar el problema de la escasez de agua. La deforestación, causada por el crecimiento urbano y por diversas actividades agrícolas y pecuarias, ha contribuido a crear condiciones de semi-aridez.

---

Asimismo, la eliminación de los bosques de las laderas propicia que las aguas sean arrastradas de forma abrupta hacia otros lugares, provocando que la cuenca se vacíe inmediatamente, el asolvamiento de los lechos de los ríos y lagunas costeras y se generen las inundaciones y deslaves ya conocidos. La ausencia de la cobertura provoca que el agua de lluvia se escurra superficialmente, en lugar de infiltrarse para alimentar los manantiales, con lo que se genera desabasto de agua en los mantos freáticos, desaparición de manantiales, y la erosión del suelo.

Una enseñanza debiese ser las inundaciones como las ocurridas en 1999 en la Sierra Norte de Puebla y zona norte del estado de Veracruz, que destruyeron numerosos pueblos de la llanura costera veracruzana, a lo largo de los ríos Nautla y Tecolutla. No se trató solo de un desastre natural, sino que fue producto de la negligencia y prepotencia de las autoridades al permitir y propiciar los desmontes y la destrucción sistemática de las riquísimas laderas veracruzanas (CONAFOR, 2004).

**c) Captura de carbono.** Un tercer servicio ambiental que proporcionan los bosques de esta región es la captura de carbono en los tejidos lignificados de los árboles. En el caso de los mesófilo de montaña de esta región, la cantidad de biomasa por hectárea y las condiciones de alta humedad durante la mayor parte del año favorece una lenta descomposición de la materia orgánica, por lo que se acumula en el suelo de estos ecosistemas.

Al respecto, en los bosques de Europa se considera que es precisamente en los suelos, más que en los árboles, en donde se da la mayor parte de la captura de carbono. Las características ambientales de esta región central de Veracruz probablemente generan una captura aún más alta. Se requieren estudios comparativos para fundamentar con más exactitud este fenómeno, pero es posible que estos bosques se reconozcan con un gran potencial como sumidero de carbono en el futuro próximo (CONAFOR, 2004).

**d) Regulación del clima.** Este es otro servicio ambiental que nos brindan los bosques y que ayuda a mantener un clima constante la mayor parte del año, favoreciendo de la misma manera una humedad constante.

e) *Valor estético*. Este servicio ambiental, puede ser el que menos se toma en cuenta, pero es el más visible de todos, ya que la conservación estética del lugar resulta agradable a la vista, además de darle un valor agregado a los servicios ambientales y fomentar el ecoturismo.

## **2.6 Problemática del Agua**

### **2.6.1 Desabasto de Agua**

A pesar de que México sigue siendo uno de los países con mayor riqueza natural, esto no lo salva de sufrir un grave deterioro en sus recursos naturales; esto se debe al mal uso y sobreexplotación que se ha hecho de ellos; situación que va repercutiendo en todos los ecosistemas debido a que van relacionados intrínsecamente unos con otros; la grave deforestación que ha ido sufriendo a través del tiempo, el abuso que se ha hecho de pastizales y la transformación del uso de los suelos a grandes extensiones agrícolas; han provocado una aceleración en la erosión de la tierra sufriendo en ese proceso una transformación que la lleva a la desertificación.

Pero no sólo es este el problema, en el proceso mencionado, los sedimentos originados por la erosión, van siendo arrastrados por los vientos y precipitaciones hacia los cauces de las corrientes llegando a lagos, lagunas, estuarios, manantiales en los que se van depositando y provocando su desecación; también se presentan otros problemas ya que al ser disminuida el área hidráulica de estas corrientes, cuando se presentan avenidas extraordinarias, no tienen la capacidad para conducir esos volúmenes de escurrimiento y desbordan provocando graves inundaciones.

La destrucción de ríos, lagos y otras fuentes naturales de agua, así como la sobreexplotación de bosques y selvas, cuya función se está viendo seriamente perturbada y frenada, ya que son ellos los que por medio de sus poderosas raíces abren el suelo para que se presente la infiltración recargando los sistemas de agua subterránea o, mediante el proceso de transpiración generar una gran cantidad de agua descargándola más adelante sobre las cuencas de ríos y arroyos; plantean una reflexión que se convierte en un problema ético que el mundo debe resolver.

---

Debe contemplarse la gran influencia que tiene la vegetación directamente sobre las cuencas fluviales y su capacidad para frenar la erosión de los suelos; controlar las crecidas de los ríos ya que interceptan parte de las precipitaciones; y aprovechar la cubierta vegetal para tratar de resolver la problemática actual.

En el estado de Veracruz ya se importa de Puebla gran parte de su provisión de agua. Ante el persistente estiaje en algunas zonas, aproximadamente el 45 por ciento del agua que abastece a la capital veracruzana debe traerse del estado de Puebla. Esto representa mil litros por segundo que vienen del río Huitzilapa del municipio de Quimiltlán, Estado de Puebla a 72 kilómetros de distancia.

### **2.6.2 Pérdida de la calidad del agua**

Al hablar de calidad del agua nos referimos a las propiedades físicas, químicas, biológicas y organolépticas del agua que permite que el agua se emplee para usos concretos. La calidad del agua está determinada por la hidrología, la fisicoquímica y la biología de la masa de agua a que se refiera (CNA, 1998).

Las características hidrológicas son importantes ya que indican el origen, cantidad de agua y el tiempo de permanencia, entre otros datos. Estas condiciones tienen relevancia ya que, según los tipos de substratos por los que viaje el agua, ésta se cargará de unas sales u otras en función de la composición y la solubilidad de los materiales de dicho substrato.

El agua encontrada en estado natural nunca está en estado puro, sino que presenta sustancias disueltas y en suspensión. Estas sustancias pueden limitar, de modo igualmente natural, el tipo de usos del agua.

Sinónimo de vida, el agua forma parte de la estructura y el metabolismo de los seres vivos, moderador de clima, fuente de energía; interviene directa o indirectamente en numerosas actividades humanas. Vital para el hombre cuando es potable, la pérdida de su calidad de pureza la hace portadora de enfermedades y aún de muerte.

---

El deterioro de la calidad del agua supone un grave problema ambiental, económico y social. Cada segundo, la industria, las ciudades, las zonas agrícolas, vierten toneladas de residuos a los ríos y a las costas. Cada litro de agua contaminada que se vierte significa la pérdida de cien litros de agua potable.

## **2.7 Factores que inciden en la problemática del agua**

### **2.7.1 Deforestación**

La deforestación se considera como el cambio de uso del suelo de forestal a no forestal en un período de tiempo determinado. También puede expresarse como la eliminación completa de áreas arboladas para usos del suelo en actividades no forestales (FAO, 1995).

La primera definición encierra tres conceptos básicos de la deforestación, uno referido a la eliminación de la cobertura vegetal, otro al cambio en el uso del suelo y un tercero al tiempo o permanencia de este cambio. Esto es, para que exista o se califique un terreno como deforestado, se requiere que se den las tres condiciones anteriores. Lo que implica que si se elimina la vegetación pero no se da un cambio de uso permanente del suelo de forestal a no forestal, no se da la deforestación, por lo menos en forma permanente. En tal sentido, la deforestación adquiere dimensión en tiempo y espacio geográfico.

Por lo anterior una definición más aproximada sería: Deforestación es un proceso de dinámica territorial, en donde se considera implícita la eliminación en una superficie determinada de la cubierta vegetal natural existente y el cambio de dicha área a un uso permanente en una actividad no forestal.

Uno de los principales factores causales de la deforestación a través de los años ha sido el requerimiento de espacio para el crecimiento o desarrollo de los pueblos. Se estima que las actividades humanas han reducido la superficie forestal del planeta en más de una tercera parte de su área original.

---

Es necesario enfatizar que la deforestación ha aumentado notoriamente en los últimos 50 años, debido al aumento de la población humana, principalmente en los países en vías de desarrollo (FAO, 1995).

Los bosques tropicales cubren menos del 6% del total de la superficie terrestre y su tasa de deforestación es acelerada. Los cálculos del World Resources Institute (WRI 2001) indican que la pérdida de bosques naturales en los países tropicales alcanzó 16 millones de hectáreas al año entre 1990 y 2000, lo que significa un ritmo de pérdida del 0.8% anual, habiéndose perdido 158 millones de ha en total. Esta cifra es ligeramente superior a los 15.4 millones de ha al año que estimó la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO 1995), para la década de 1980 en donde los datos señalan que la zona muy húmeda de las montañas de la región de América Central, incluido México, tuvieron una disminución alarmante del 55% de la superficie de los bosques.

Los datos de deforestación que se tienen para México para esta década varían mucho entre sí, debido a las diferentes metodologías empleadas en los estudios Secretaría de Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesqueros, (SEMARNAP 1994); según la FAO (1995) se deforestaron 700 mil ha al año y según Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH, 1994), 370 mil ha al año. Considerando el dato de mayor magnitud, podemos decir que la deforestación en México contribuyó con el 0.45% de la ocurrida en los trópicos del mundo y el 0.9% de la ocurrida en Latinoamérica en esa década.

Las cifras del uso del suelo en Veracruz, permiten apreciar las consecuencias de la deforestación en nuestro país: pastizal 34%, agricultura 31%, bosques y selvas 19% y otros usos 16%.

De la superficie cubierta por bosques y selvas (1, 405,331 ha), sólo el 56% tiene potencial para la producción forestal, el 35% requiere de algún tipo de restauración y el 9% debe destinarse a la conservación (SARH 1994).

En la región del centro de Veracruz (Xalapa y alrededores), la transformación del bosque se remonta a la época de la colonia donde las estancias ganaderas, las

---

plantaciones de caña y la agricultura practicada por españoles e indios fue muy común (Bermúdez, 1995), la aparición y el auge del cultivo de café a partir del siglo XIX fue una actividad que privilegió el mantenimiento de una cubierta forestal. La tala excesiva se hizo evidente después de la década de 1970 cuando se reconvirtieron cafetales de sombra a cafetales de pleno sol, o plantaciones de caña de azúcar y cuando se abrieron potreros para la cría de ganado (Challenger, 1998).

El grado de alteración que tiene el bosque en la región se refleja en los usos del suelo registrados en un estudio de fotointerpretación para un área de 12, 843 ha, en donde el uso dominante del suelo fue el pastizal (37%), urbano (18%), vegetación secundaria (17%), bosque perturbado (17%) y solo 19 fragmentos de bosque (10%) (Williams, Linera, *et al*, 2002 ).

En la práctica y bajo una visión simplista, la deforestación es tan sólo la eliminación de la cubierta vegetal natural, sin embargo cuando los terrenos en donde se elimina esta cubierta vegetal presentan condiciones de inestabilidad por su fuerte pendiente y erodabilidad, o sea prospección a la pérdida del suelo o erosión del mismo o por su condición de equilibrio con el resto de la vegetación y organismos existentes, se inicia prácticamente toda una serie de procesos encadenados que conducen a problemas que trascienden los límites del espacio geográfico y del tiempo.

A nivel local, la deforestación representa de inmediato la pérdida del suelo y de su capacidad para la producción vegetal (desertificación), generando adicionalmente la contaminación de cuerpos de aguas y cauces superficiales, reduciendo con ello su calidad y vida útil, además de provocar el asolvamiento de presas, embalses y lagos.

Con el tiempo y el crecimiento en superficie de la deforestación, trascienden sus efectos generando desequilibrio entre la infiltración y el escurrimiento superficial de las aguas pluviales, lo cual ocasiona fuertes escorrentías y desbordamientos de ríos e inundaciones, así como el arrastre de los suelos y otros materiales de las cuencas altas con su acumulación o asolvamiento en las partes bajas. Los impactos son negativos en las áreas de producción agrícola y ganadera, poblados e infraestructuras productivas y de servicios, tales como caminos, puentes y obras hidráulicas, además de poner en ocasiones en riesgo la vida humana.

---

La reducción de la infiltración de las aguas pluviales, ocasiona también la reducción y pérdida de la capacidad de recarga de los mantos acuíferos subterráneos, la desaparición de manantiales y la generación de sequías a nivel local y regional.

Estos efectos trascienden los ámbitos locales y regionales, trayendo como consecuencias problemas económicos y sociales, tales como el abatimiento de los mantos acuíferos, la destrucción de obras de infraestructura (caminos, presas, etc.) y la reducción de la capacidad productiva de los terrenos dedicados a la agricultura, la ganadería y otras actividades. Todo ello llega a ocasionar, tarde o temprano, el abandono de las tierras y la migración de los seres humanos del campo a la ciudad; entre otros efectos socioeconómicos.

Desde luego y no menos importante que lo anterior, es el considerar la pérdida de los ecosistemas naturales y forestales, el desequilibrio ecológico y la pérdida de la biodiversidad con la migración e incluso la extinción de flora y fauna local y regional.

A nivel global los efectos de la deforestación, se han demostrado científicamente, son de impacto trascendental al alterar el llamado "ciclo del carbono", el cual se ocasiona por la pérdida de la vegetación leñosa y con ella la reducción de la fijación del carbono en plantas y vegetales. El consecuente efecto es la acumulación en la atmósfera del bióxido de carbono emitido por la respiración de los seres vivos y las actividades industriales, incluyendo vehículos de combustión interna. Todo ello tiene como consecuencia directa un "efecto de invernadero" con el sobrecalentamiento atmosférico y un cambio climático cuyos efectos pueden ser desastrosos para la propia humanidad.

### **2.7.2 Pérdida de la biodiversidad**

Según Wilson, Edward (1996) biodiversidad se define como todas las variaciones hereditarias a todos los niveles de organización, desde los genes en una población sencilla o de especies, las especies que forman toda o parte de una comunidad local y finalmente las comunidades que componen la parte biótica de los diversos ecosistemas del planeta. Es decir, es la amplia variedad de seres vivos -plantas,

---

animales y microorganismos- que viven sobre la Tierra y los ecosistemas en los que habitan.

Las interacciones entre los distintos componentes de la diversidad biológica es lo que permite que el planeta pueda estar habitado por todas las especies, incluidos los seres humanos, ya que gracias a ella se dan procesos tales como, la purificación del aire y del agua, la descomposición de los desechos, la estabilización y moderación del clima de la Tierra, la moderación de las inundaciones, sequías, temperaturas extremas y fuerza del viento, la generación y renovación de la fertilidad del suelo, incluido el ciclo de los nutrientes, la polinización de las plantas, etc.

Nuestro planeta se enfrenta a una acelerada desaparición de sus ecosistemas y a la irreversible pérdida de su valiosa biodiversidad. La forma más visible de este daño ecológico es la extinción de animales debida a la destrucción de sus hábitats y a la cacería o captura excesiva.

Si bien la pérdida de especies llama nuestra atención, la amenaza más grave a la diversidad biológica es la fragmentación, degradación y la pérdida directa de los bosques, humedales, arrecifes de coral y otros ecosistemas. Todas estas cuestiones son agudizadas por los cambios atmosféricos y climáticos que ocurren de manera global y que afectan directamente a los hábitats y a los seres que las habitan. Todo ello desestabiliza los ecosistemas y debilita su capacidad para hacer frente a los mismos desastres naturales.

La riqueza y la diversidad de la flora, la fauna y los ecosistemas, que son fuentes de vida para el ser humano y las bases del desarrollo sostenible, se encuentran en un grave peligro. La creciente desertificación a nivel global conduce a la pérdida de la diversidad biológica. Es fácil comprender que con esta pérdida incesante de recursos está en riesgo la seguridad alimentaria. La pérdida de la diversidad biológica con frecuencia reduce la productividad de los ecosistemas, y de esta manera disminuye la posibilidad de obtener diversos bienes de la naturaleza, y de la que el ser humano constantemente se beneficia.

Cada año desaparecen miles de millones de toneladas de tierra fértil. El proceso de degradación de los suelos, su mal uso y utilización, los insostenibles modelos de

consumo y la sobreexplotación de los recursos naturales, junto a las guerras y los desastres, son elementos que agravan la situación.

En México, con un análisis de los siniestros presentados de 1970–1998, se encontró que Chiapas ocupa el primer lugar en la superficie afectada por incendio, lo cual pone en riesgo una alta biodiversidad. Es una de las entidades con el indicador más alto en especies de flora, el tercero en especies de mamíferos y de aves, además del primero en fauna y también está ubicado en el tercer lugar en lo que se refiere a especies amenazadas o en peligro de extinción.

Otros estados con fuertes presiones por incendios y superficie afectada, también con indicadores importantes de biodiversidad, son Jalisco, Oaxaca, Estado de México, Michoacán y Guerrero.

---

### 3. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

#### 3.1 Localización geográfica

El área urbana de la ciudad de Xalapa se ubica en la vertiente norte del macizo montañoso conocido como cofre de Perote, en la zona de transición entre la Sierra Madre Oriental y la planicie costera del Golfo de México; entre las coordenadas 19°31'55" de latitud norte y 96°54'35" de longitud oeste. La altitud de la ciudad varía de 1350msnm en las partes más bajas hacia el sureste, hasta 1550msnm en la cima del Cerro Macuiltepetl, elevación de origen volcánico que ha quedado rodeado por la ciudad.

El área de estudio comprende el manantial de las Ánimas desde su nacimiento (19°31'19.8" L.N. y 96°53'7.1"L.W) hasta su desembocadura en el arroyo cara sucia, en la zona Este de la ciudad de Xalapa, con una altitud media de 1234msnm, ésta se encuentra situada en la parte central del estado de Veracruz, limita al Norte con los municipios de Naolinco, Jilotepec y Banderilla, al sur con los municipios de Coatepec y Emiliano Zapata al este con los municipios de Naolinco, Actopan y Emiliano Zapata y al oeste con los municipios de Rafael Lucio y Tlalnelhuayocan

La zona de estudio se ubica al sureste de la ciudad de Xalapa, y está comprendida en un área del fraccionamiento de Las Ánimas (Figura 1).

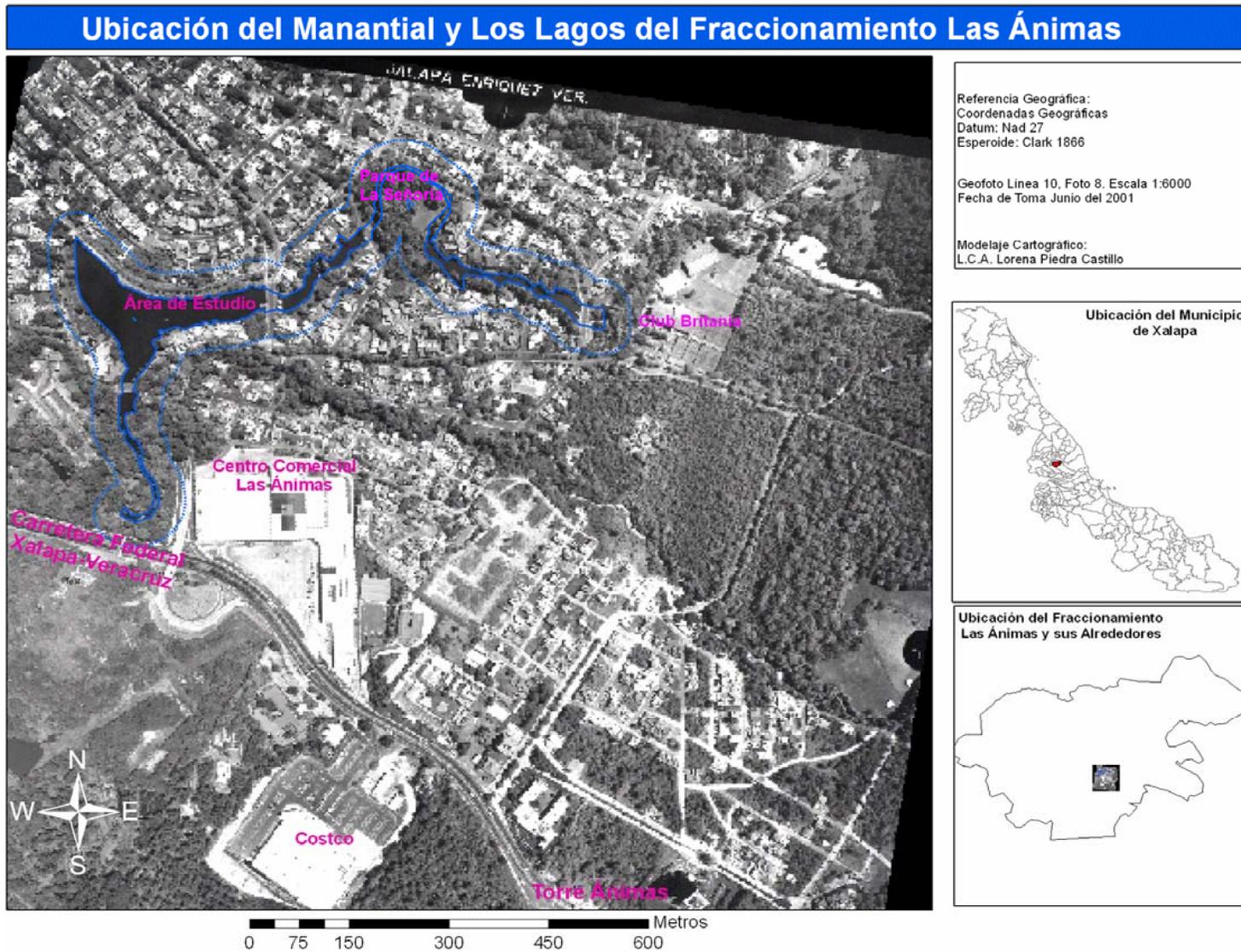


Figura 1. Localización del Área de Estudio en el Municipio de Xalapa

---

## **3.2 Medio físico.**

### **3.2.1 Clima e Hidrología.**

De acuerdo con la modificación a la clasificación climática de Köppen, hecha por Enriqueta García, entre los 1,000 y los 1,500 metros sobre el nivel del mar, el clima es de tipo C (f) que se interpreta como "templado húmedo", con temperatura media anual entre 12°C y 18°C. La temperatura del mes más frío se encuentra entre -3°C y 18°C y la del mes más caliente es de 22°C. La temperatura desciende notablemente durante invierno debido a los fríos vientos del norte. Presenta lluvias abundantes en verano y principios de otoño, su precipitación pluvial media anual es de 1,509.1mm.

En las inmediaciones del área urbana de la ciudad de Xalapa existen cuatro ríos. El Sedeño, que se origina en el Cofre de Perote a una elevación de 2960m; el Sordo que tiene su cauce hacia el extremo suroeste de Xalapa y los arroyos Carneros y Santiago, que junto con los dos ríos se han utilizado para verter en ellos el agua residual doméstica e industrial de la ciudad, lo que ha ocasionado severos problemas de contaminación (López, 1993).

Dada su topografía y situación geográfica, la ciudad presenta un considerable número de manantiales como el del Castillo, Chiltoyac, Ánimas, Xalitic, Techacapan, Tecuanapan, Tlalmecapan y Santa Rosa.

En las inmediaciones del área de estudio, se ubica el arroyo Cara Sucia que recibe parte de las aguas negras del oriente de la ciudad, y el cual recibe las aguas del manantial Las Ánimas sin que antes sean utilizadas en forma intensiva.

### **3.2.2 Orografía.**

La ciudad de Xalapa está situada sobre las estribaciones orientales del Cofre de Perote, por lo que su suelo es irregular, sin accidentes notables, siendo su altura principal el cerro de Macuiltépetl que se eleva a 1,550msnm, el cerro de Acalotépetl y el cerro Colorado (López, 1993).

Se identifican dentro del área de estudio ligeras hondonadas en el terreno.

### 3.2.3 Suelo.

Se asienta principalmente en formaciones de origen volcánico como el basalto, con grandes yacimientos de arena y formaciones sedimentarias de origen cuaternario, compuestas de arcilla, arena, grava y aluviones (López, 1993).

En el área de estudio el suelo está conformado principalmente por andosol mólico.

## 3.3 Medio biótico

### 3.3.1 Flora

El municipio de Xalapa presenta un gradiente altitudinal muy amplio que va de los 200 a los 2000 msnm, sin embargo la mayor parte del territorio se encuentra entre los 1000 y 1500 m. Esta situación permite que en el municipio también se encuentre un mosaico de vegetación muy amplio, que va de los pinares y encinares a las selvas bajas (López, 1993).

En el cuadro 1 se relacionan las especies identificadas en la zona.

Cuadro 1. Especies vegetales identificadas en el Fraccionamiento Las Ánimas

NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO
Araucaria	<i>Araucaria araucana</i> . Molina. K. Kock
Chalahuite	<i>Inga spuria</i> . Willd
Choco	<i>Oreopanax arboreus</i> . (L.) Decne. et Planch.
Naranja	<i>Citrus sinensis</i> , (L.) Osbeck
Durazno	<i>Prunus persica</i> . (L.) Batsch
Encino	<i>Quercus Polymorpha</i> . Cham. & Schtdl
Fresno	<i>Fraxinus uhdei</i> . (Wenzing) Lingelsheim
Grevilia	<i>Grevilia robusta</i> . A. Cunn
Guayabo	<i>Psidium guajava</i> . L., Myrtaceae
Haya	<i>Platanus mexicana</i> . Moric
Helecho	<i>Nephelea</i> . R. Tryon
Izote	<i>Yucca elephantipes</i> . Regel
Jacaranda	<i>Jacaranda mimosifolia</i> . R.Br.
Jinicuil	<i>Inga jinicuil</i> . Schtdl. & Cham
Laurel de la india	<i>Ficus retusa</i> , L.

<b>NOMBRE COMÚN</b>	<b>NOMBRE CIENTÍFICO</b>
Lengua de pájaro	<i>Podocarpus. reichei</i> Buchh. & A. Gray
Liliana	<i>Syzygium samaragnense.</i> (Blume) Merrill & Perry
Liquidambar	<i>Liquidambar macrophylla.</i> Oersted
Magnolia	<i>Magnolia schideana.</i> Schlechtendal
Mango	<i>Mangifera indica,</i> L.
Palma Fénix	<i>Phoenix canariensis.</i> Chabaud
Pandurata	<i>Ficus lyrata.</i> Hort. Sander
Pomarrosa	<i>Syzygium jambos.</i> (L.) Alston
Rama tinaja	<i>Trichilia havanensis.</i> Jacq
Roble	<i>Tabebuia rosea.</i> (Bertol.) DC.
Tulipán africano	<i>Spathodea campanulata.</i> Beauv
Tulla	<i>Platyclusus orientalis.</i> (Lf) Franco

### 3.3.2 Fauna

Existe una gran variedad de animales silvestres en los montes aledaños a la población, entre los que se encuentran zorrillo, tlacuache, conejo, ardilla, tuza, armadillo, tejón y mapache (López, 1993).

Cuadro 2. Especies animales identificadas en el Fraccionamiento Las Ánimas y sus alrededores.

<b>NOMBRE COMÚN</b>	<b>NOMBRE CIENTÍFICO</b>
Zorrillo	<i>Mephitis macroura.</i>
Tlacuache	<i>Didelfis marsupialis.</i>
Conejo	<i>Sylvilagus floridanus.</i>
Ardilla	<i>Sciurus aureogaster.</i>
Tuza	<i>Heterogeomys hispidus.</i>
Armadillo	<i>Dasypus novemcinctus</i>
Comadreja	<i>Mustela frenata.</i>
Mapache	<i>Porción lotor.</i>
Tejón	<i>Nasua Larica.</i>
Tortuga	<i>Kinosternon herreral.</i>
Pato	<i>Anas platyrhynchos domesticus</i>
Carpa japonesa	<i>Cyprinus carpio.</i>

En el Fraccionamiento Las Ánimas se pueden apreciar algunas tortugas, ardillas, patos y diversas especies de peces como carpas japonesas.

### **3.4 Aspecto Socioeconómico**

La dinámica económica de Xalapa está fundamentada en el desarrollo de sus actividades terciarias, primordialmente en la prestación de servicios y por su actividad comercial, constituyéndose en un centro de atracción al cual acude la población de diferentes municipios para conformar un importante espacio regional.

El fraccionamiento residencial Las Ánimas de Xalapa es uno de los más exclusivos en la ciudad debido al alto nivel socioeconómico que poseen los habitantes, lo que les permite la disponibilidad de recursos para llevar a cabo proyectos que coadyuven al desarrollo y mejoramiento del residencial.

---

#### 4. METODOLOGÍA

Durante el desarrollo del trabajo, éste se dividió en dos secciones: trabajo de gabinete y trabajo de campo. Dentro del trabajo de gabinete se inició la consulta de información a partir de fuentes bibliográficas con la que se construyó un panorama teórico general y se obtuvo material cartográfico y bibliográfico de diversas fuentes como el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) y de la Secretaría de Desarrollo Regional (SEDERE) ahora Secretaria de Desarrollo Social y Medio Ambiente (SEDESMA). A partir de este panorama se inició el trabajo de campo con una visita de prospección como primer punto de inspección del sitio de estudio.

Durante la visita de campo se reconocieron los elementos a evaluar del sitio de estudio, tales como vegetación, topografía y suelo, grado de urbanización y condiciones de ésta, características del manantial y de los lagos, así como de las posibles causas que pueden ocasionar la pérdida de la calidad del agua, las cuales son representativas y pueden dar información relevante que ayude a realizar un diagnóstico integral.

Con la información obtenida en esta visita se eligieron las variables a medir y se seleccionaron las herramientas metodológicas para evaluar estas variables. (Cuadro 3). Además se reconoció que la vegetación riparia inmediata a la cuenca del manantial correspondía a la delimitación de una primera superficie para intervención de las recomendaciones junto con el resto de la superficie que influye sobre los lagos y demás cuerpos de agua del área de estudio, un segundo nivel de intervención correspondería al resto de la superficie que comprende la microcuenca.

Finalmente y dado que se trata de un manantial que se surte de escurrimientos de agua, el área que puede verse influida en su recarga comprendería una superficie más amplia, que dada su geología, abarcaría desde el Cerro de Macuiltepetl hasta el área de estudio, sin embargo para los fines del estudio se reconoció como el área de trabajo la comprendida en las inmediaciones de los cuerpos de agua en estudio.

Una vez seleccionados los métodos se procedió al levantamiento de los datos de campo.

Cuadro 3. Variables consideradas para el análisis

COMPONENTE	VARIABLES	VALOR DE REFERENCIA	MÉTODO
Vegetación	Porcentaje de Cobertura arbórea	No aplica	Análisis y clasificación de fotografía aérea
	Especies vegetales		Recorrido de campo
Topografía	Depresiones y hondonadas		Recorrido de campo
Suelo	Tipo		Perfiles de suelo
	Color		
	Textura		
	Degradación		
Urbanización	Servicios con que cuentan		No aplica
	Calidad o estado de los servicios		
Agua	Oxígeno disuelto	Mayor a 4 mg/l*	Muestreo y análisis de laboratorio
	PH	7	
	Amonio	Menor a 0.5 mg/l*	
	Temperatura	25 °C	
	Potencial REDOX	No hay criterio ecológico	
	Nitritos	Menor a 0.05 mg/l*	
	Fósforo	Menor a 0.1 mg/l*	
	Bacteriológico Coliformes Totales Coliformes Fecales	No detectables*	

Fuente:

\* SEMARNAP, Comisión Nacional del Agua, con base en: Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología, "Criterios Ecológicos de Calidad del Agua".

#### 4.1 Componente vegetación

Para el caso de la vegetación se reconocieron las condiciones de la misma alrededor del manantial identificando algunas de las especies presentes y debido a los alcances y con la finalidad de este trabajo se determinó la cobertura arbórea a una distancia de 50m a partir de la orilla de los lagos (área inmediata a la microcuenca), debido a que a esta distancia se concentra la mayor densidad de la vegetación existente en la zona, y es donde la misma interacciona más directamente con el cuerpo de agua al ser vegetación riparia (figura 3).

---

Con los mapas y fotos aéreas se determinaron los sitios a trabajar en el área de estudio. La selección del área para determinar cobertura vegetal se realizó mediante el análisis y clasificación de fotografía aérea escala 1:6000 mediante el uso de programas especializados para este fin (ERDAS IMAGINE 8.7 y Arc Gis 9.0). Este proceso requiere primero ortorrectificar la imagen para darle las coordenadas geográficas correctas además de eliminar errores y deformaciones que pudiera tener la fotografía debido a la distorsión de la lente y posteriormente tomar "puntos de entrenamiento" a partir de los cuales se hace la agrupación de píxeles de acuerdo a su reflectancia, para obtener finalmente la clasificación.

El trabajo de clasificación de fotografía aérea se limitó a diferenciar las áreas arboladas de las no arboladas, sin llegar a diferenciar y agrupar el tipo de vegetación existente en la zona y mediante recorridos se reconocieron algunas de las especies presentes en la zona.

#### **4.2 Componente topografía y suelo**

En cuanto a la topografía, únicamente se identificaron de manera visual las diferentes depresiones y hondonadas del terreno que encausan aguas pluviales o de otro tipo hacia los lagos. Esto es básico pues servirán para ubicar áreas vulnerables a conducir descargas. En lo referente al suelo, con base en la bibliografía y cartas edáficas se identificó el tipo, mientras que con la elaboración de tres perfiles de suelo, cuya ubicación se muestra en la figura 3, se reconoció la textura, el color tomando como referencia la tabla Munsell de clasificación de colores para suelos y si presentan o no algún nivel de degradación.

#### **4.3 Componente urbanización**

Para este componente, se revisaron los planos del Programa de Ordenamiento Urbano de la zona conurbada de Xalapa, elaborados por la Dirección General de Ordenamiento Urbano perteneciente a la Secretaría de Desarrollo Regional (SEDERE) ahora Secretaría de Desarrollo Social y Medio Ambiente (SEDESMA),

además de consultar el Censo Nacional de Población y Vivienda (INEGI, 2000). Esto con la finalidad de identificar los servicios con que se cuenta en la zona, tales como: electricidad, agua potable, drenaje, línea telefónica, así como el porcentaje de casas habitación que cuentan con los mismos. El grado de urbanización se consideró alto si del 80% al 100% cuenta con todos los servicios, medio si del 60% al 80% cuenta con estos y bajo cuando menos del 60% de las casas habitación cuenta con servicios.

Posteriormente con un recorrido se revisó el estado de las calles, si existían fugas de agua o bien descargas de aguas residuales, para obtener las condiciones de los servicios; de este modo las condiciones son buenas si no existe ninguna de las situaciones antes descritas, regular si se presenta al menos una y mala si existen dos o más. Integrando esta información se obtuvo la urbanización del área de estudio.

En el cuadro 4 se muestran las combinaciones consideradas para la evaluación de la urbanización de acuerdo a las diferentes combinaciones obtenidas.

Cuadro 4. Variables consideradas para el análisis

<b>Grado de Urbanización</b>	<b>Estado o Calidad de los Servicios</b>	<b>Evaluación</b>
Alto	Bueno	Bueno
	Regular	Regular
	Malo	Malo
Medio	Bueno	Regular
	Regular	Regular
	Malo	Malo
Bajo	Bueno	Regular
	Regular	Regular
	Malo	Malo

---

#### 4.4 Componente Agua

Para hacer una evaluación completa de las condiciones en que se encuentran los cuerpos de agua de esta microcuenca, tendría que mostrarse de manera periódica (preferentemente de manera mensual) al menos durante un año; pero debido a los alcances del trabajo y a las condiciones naturales se seleccionó como período de muestreo la temporada de estiaje puesto que los caudales de la corriente de agua son los menores en todo el año, por lo que los contaminantes tienden a concentrarse, resultando esto la condición ideal para evaluar el estado crítico del cuerpo de agua. La fecha de realización del muestreo fue el 27 de marzo de 2006.

Posterior a la visita de prospección realizada al lugar de estudio se elaboró un plan de muestreo para el análisis bacteriológico y toma de datos fisicoquímicos del agua, seleccionándose seis puntos de muestreo distribuidos desde la entrada del agua del manantial hacia los lagos y el humedal (muestra 1) y diversos puntos de los lagos (muestras 2, 3, 4 y 5) hasta la salida de la zona de lagos (muestra 6). La ubicación de los puntos de muestreo en la zona de estudio se pueden observar en la figura 4.

Para los análisis bacteriológicos se omitió la muestra cuatro, puesto que en esta zona existe una descarga de aguas residuales por lo que el resultado muy probablemente sería positivo a coliformes.

El muestreo fue realizado con referencia en la Norma Oficial Mexicana NOM-014-SSA1-1993. "Procedimientos sanitarios para el muestreo del agua para uso y consumo humano en sistemas de abastecimiento de agua públicos y privados". Llevándose a cabo un muestreo puntual, con muestras simples para cada punto seleccionado, en una sola fecha.

Para conocer la calidad de un agua, los mejores indicadores son el contenido en amonio, en materia orgánica, en nitritos y en bacterias (Ambientum, 2002). Por esto se consideró que en conjunto las variables seleccionadas nos dan una buena aproximación del estado físico-químico y bacteriológico de los cuerpos de agua y

---

haciendo el análisis correspondiente se puede llegar a obtener la calidad del agua en el área de estudio.

Durante los recorridos para la toma de muestras se utilizó la siguiente instrumentación para la obtención de las variables: 1) medidor multiparamétrico de oxígeno, conductividad, salinidad y temperatura, marca YSI modelo 85/10FT, 2) medidor de pH/pHmV/mV/temperatura marca Hanna, modelo HI991003 y 3) equipo de geoposicionamiento global marca Germain modelo GPS12XL, con los cuales se determinaron en campo los parámetros: oxígeno disuelto, salinidad, temperatura, potencial redox y las coordenadas geográficas de cada punto de muestreo.

Posteriormente en laboratorio, se realizaron los análisis bacteriológicos, para determinar cuantitativa y cualitativamente la presencia de bacterias patógenas en el agua y mediante análisis fisicoquímicos se determinó la concentración de amonio, nitritos y fósforo.

El método de análisis bacteriológico se basó en la Norma Oficial Mexicana Nom-112-SSA1-1994, "Bienes y Servicios. Determinación de bacterias coliformes. Técnica del Número más Probable". Además se utilizaron técnicas de identificación con medios de cultivo selectivos (*Agar EMB*, *McConkey*, *Vibrio cholerae*, *Brolacin*, *Salmonella-Shigella*, etc.) y pruebas bioquímicas correspondientes.

La identificación de amenazas se determinó visualmente de manera cuantitativa en función del número y cantidad de fuentes contaminantes de los cuerpos de agua en estudio.

En la figura 2 se muestran los pasos que se siguieron para la realización del trabajo:

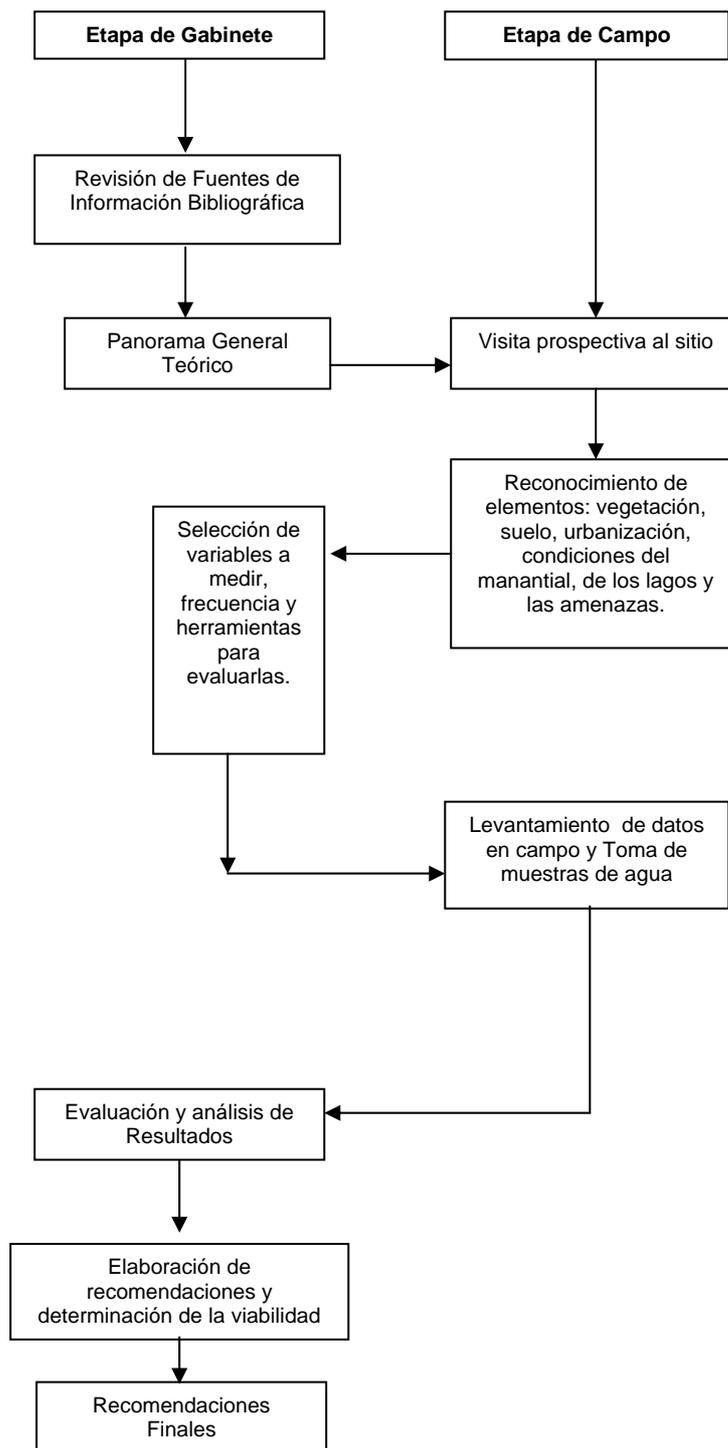


Figura 2. Diagrama de flujo que esquematiza la metodología seguida.

---

## 5. RESULTADOS

### 5.1. Componente Vegetación

Con base en el análisis de fotografía aérea realizado (Anexo B), se determinó que el área arbolada cubre una superficie de 6.2ha, lo que representa el 40.5% de la superficie en estudio.

La fecha de toma de las fotografías corresponde a junio de 2001, sin embargo son representativas dado que uno de los distintivos de la zona son sus áreas verdes las cuales se han conservado y en algunos casos los vecinos se han dado a la tarea de reforestar como sucedió con el lote donde se ubicaba el zoológico.

El área inmediata al manantial corresponde al ripario que tiene una superficie aproximada de dos hectáreas, sin una estructura bien definida y una gran variedad de especies en estadio joven, sin aparente dominancia de alguna de ellas.

El parque La Señoría corresponde a un área verde con vegetación mayoritariamente introducida como pomarrosa, trueno etc., existe una gran cantidad de arbustos y herbáceas de especies locales de helechos y plantas de sombra sobresaliendo el ave de paraíso. Esta zona es surcada por un canal de aguas pluviales recientemente desasolvado y que manifiesta en su parte final la acumulación de aguas negras.

El Humedal está constituido en su parte alta por pastos inducidos, y existen especies locales como la tifa o cola de gato. Entre las especies arbóreas sobresalientes se encuentran los sauces, algunas palmas y pomarrosa (especie introducida localizada al final del humedal). En este punto continúa el escurrimiento de las aguas pluviales y al final se reciben las aportaciones de otro dren de aguas presumiblemente residuales. A partir de aquí, el dren se entuba hasta su llegada al primer lago, el cual representó el segundo punto de muestreo.

A orillas del primer y segundo lago es notoria la presencia de pasto como herbácea dominante, mientras que en el estrato arbóreo destaca la jacaranda, y el roble blanco entre otros.

---

## 5.2. Componente Topografía y Suelo

Del cuadro 5 se observa que en el perfil 1, se encontraron dos horizontes H lo que indica que es un suelo maduro al cual le ha tomado más tiempo desarrollarse. En la superficie no se observó hojarasca probablemente por los trabajos de limpieza y mantenimiento de las áreas verdes, pero se detectó abundante materia orgánica.

La ubicación de los perfiles de suelo realizados en la zona de estudio se muestran en la figura 3.

En el perfil 2 se observó que el suelo ha tenido un proceso de degradación relativamente rápido por lo que el suelo se ha empobrecido.

El perfil 3 se realizó en una hondonada, que fue considerado como punto de control debido a las condiciones físicas naturales que presenta el área y se apreció que el suelo se encuentra perturbado, lo que es característico de la zona de estudio debido a la remoción y relleno de suelos que se han llevado a cabo con la finalidad de nivelar los traspatios de las casas habitación.

De este análisis se deduce que los suelos son delgados, con abundante materia orgánica proveniente del detritus de la vegetación del lugar, La textura, en las áreas observadas es arcillosa. En general se puede decir que los suelos han sido perturbados, por lo que están empobrecidos o degradados sin perder su productividad debido a la abundancia de materia orgánica. A pesar de esta situación los suelos no son una limitante para el desarrollo de las especies vegetales.

Cuadro 5. Perfiles de suelo realizados en el área de estudio

PERFIL	CLAVE DE COLOR	CLAVE DE CROMA	COLOR	OBSERVACIONES
1	10YR	3/2	Café grisáceo muy oscuro	<u>Horizonte H1.</u> 6cm de espesor. Suelo.- Compacto, abundantes raicillas, agujeros de lombrices, de característica arcillosa, presencia de fibras, material orgánico particulado, no se detectan arenas, relativamente duro, se rompe en forma grupos.
	10YR	3/3	Café oscuro Café amarillento	<u>Horizonte H2.</u> 5cm de espesor. Suelo menos compactado, pocas raicillas, sin presencia aparente de materia orgánica, de característica arcillosa.
	10YR	3/4	Oscuro	<u>Horizonte A.</u> 39cm de espesor. Suelo sin raicillas, arcilloso, consistencia suave, presencia de pequeñas rocas.
	7.5YR	3/2	Café oscuro café amarillento	<u>Horizonte B.</u> Suelo ligeramente grumoso, surcado por raíces, pequeñas fibrillas, consistencia arcillosa.
2	10YR	4/4	Oscuro	<u>Horizonte H.</u> 11cm de espesor. Abundantes raíces, de característica arcillosa.
	10YR	5/4	Café amarillento	<u>Horizonte A.</u> 10cm de espesor. Característica dura, arcillosa, color uniforme, pocas raíces.
	10YR	5/3	Café	<u>Horizonte B.</u> Consistencia más arcillosa, manchas de color café-rojizo y café, observándose depósitos de minerales.
3	10YR	3/6	Oscuro	<u>Horizonte A.</u> 30cm de espesor. Se observa un proceso de perturbación por construcción del fraccionamiento, restos de humus, textura arcillosa, alta porosidad, presencia de material orgánico, particularmente biota (lombrices).

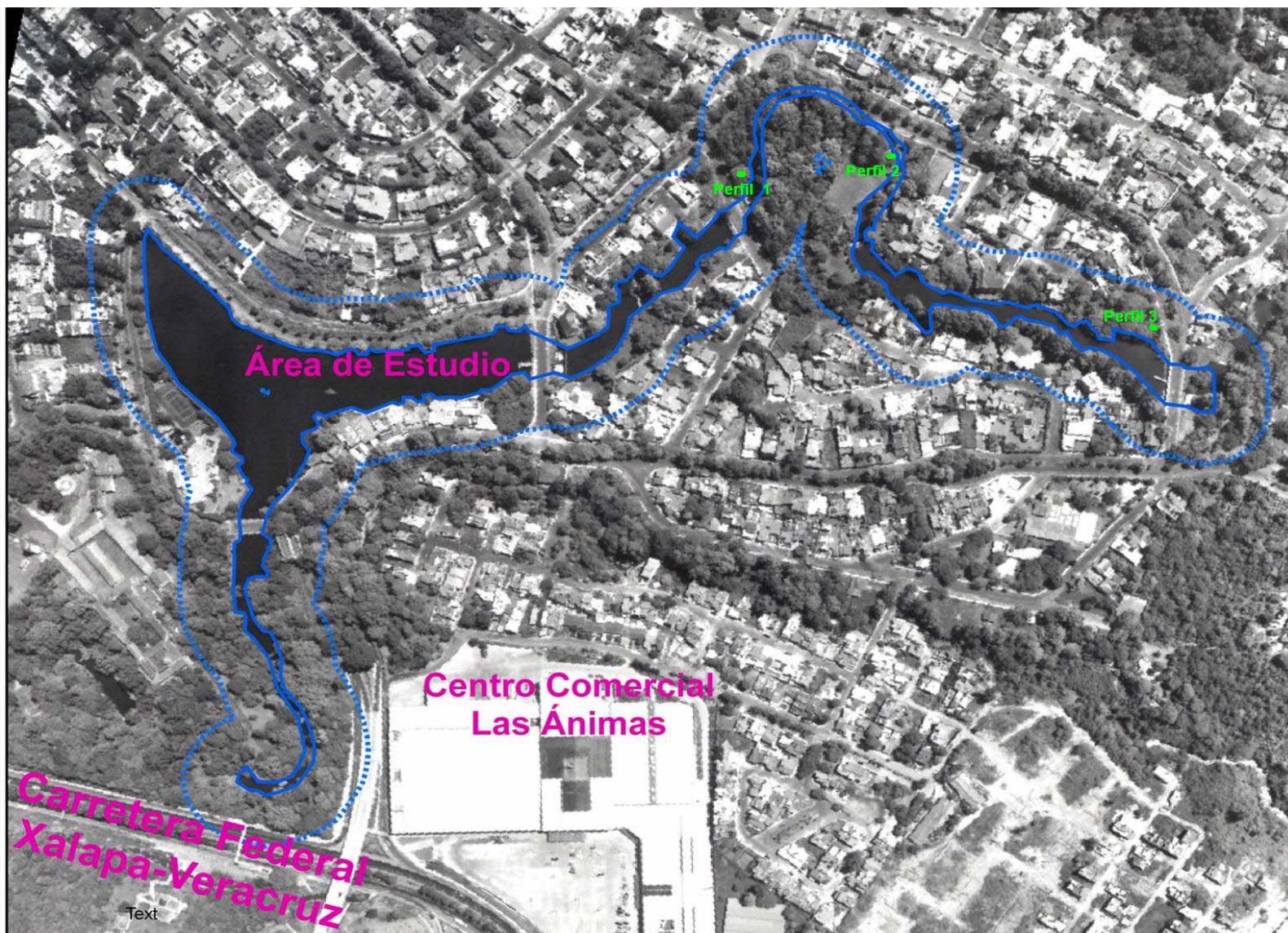


Figura 3. Ubicación de los puntos de muestreo de suelo y delimitación del área de estudio.

---

### 5.3. Componente Urbanización

Con la revisión de los planos de la zona complementados con la información del censo de población y vivienda (INEGI, 2002), se observó que el 95% de las casas habitación cuentan con todos los servicios lo que nos da un grado de urbanización alto, mientras que el estado o calidad de los servicios es regular debido a que como en cualquier otra colonia de la ciudad se presentan problemas de fugas de agua, calles en mal estado y drenajes que descargan hacia los cuerpos de agua.

Aunque aparentemente, por el nivel socioeconómico alto, la situación del fraccionamiento es muy buena, la realidad es otra, esto porque la red de agua potable y alcantarillado son infraestructuras que tienen alrededor de treinta años de antigüedad y debido al desgaste que han sufrido, se han presentado fracturas e infiltraciones hacia el suelo. Esta problemática se ha reflejado en el mal estado de las calles y puentes que demuestra la existencia de cavernas. Además existen casas sin drenaje cuyas aguas residuales son encausadas hacia los lagos.

Por toda esta situación se puede decir que la urbanización del Fraccionamiento residencial Las Ánimas, es regular, por que a pesar de tener un buen nivel socioeconómico tiene los problemas comunes de cualquier colonia de la ciudad.

### 5.4. Componente Agua

En el cuadro 6 se muestran los resultados obtenidos de los análisis fisicoquímicos y bacteriológicos del muestreo realizado el día 27 de marzo de 2006 en al área de estudio. La ubicación de estos puntos se ilustra en la figura 4.

Cuadro 6. Resultados fisicoquímicos y bacteriológicos de los puntos de muestreo.

PARAMETRO	NUMERO DE MUESTRA					
	1	2	3	4	5	6
Oxigeno (%)	76.5	60.4	134.7	100.6	54.1	75.3
Disuelto (mg/l)	6.9	5.4	12.8	9.1	4.9	6.7
Slinidad (ppm)	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Temperatura (°C)	20.6	22.6	20.1	20.0	20.7	20.6
pH	7.6	6.9	7.8	7.9	7.2	7.2
Potencial Redox	169.0	62.0	80.0	86.0	118.0	115.0
Amoniaco (mg/l)	0.3	2.0	1.1	0.7	0.2	0.5
Nitritos (µg/l)	83.9	876.2	239.8	485.1	739.1	718.9
Fósforo (mg/l)	113.9	110.7	112.5	114.7	116.1	115.8
Bacteriológico	NEGATIVO	POSITIVO	POSITIVO	POSITIVO	POSITIVO	POSITIVO
Observaciones	Agua transparente y libre(a simple vista) de algas filamentosas. Se observaron peces y tortugas en el cuerpo de agua	Agua turbia con considerable cantidad de basura en la superficie	Menor cantidad de basura, el agua sigue estando turbia.Hay presencia de fauna.	Evidente contaminación del cuerpo de agua por sólidos disueltos	Se percibe olor a aguas negras y se observa espuma en la superficie ya que existe una descarga de drenaje al lago. Se observa la presencia de Lemna sp en la superficie.	Se percibe un fuerte olor a aguas negras, hay presencia de espuma y algas en la superficie del agua. El agua tiene caída por lo que la acción mecánica favorece la oxigenación

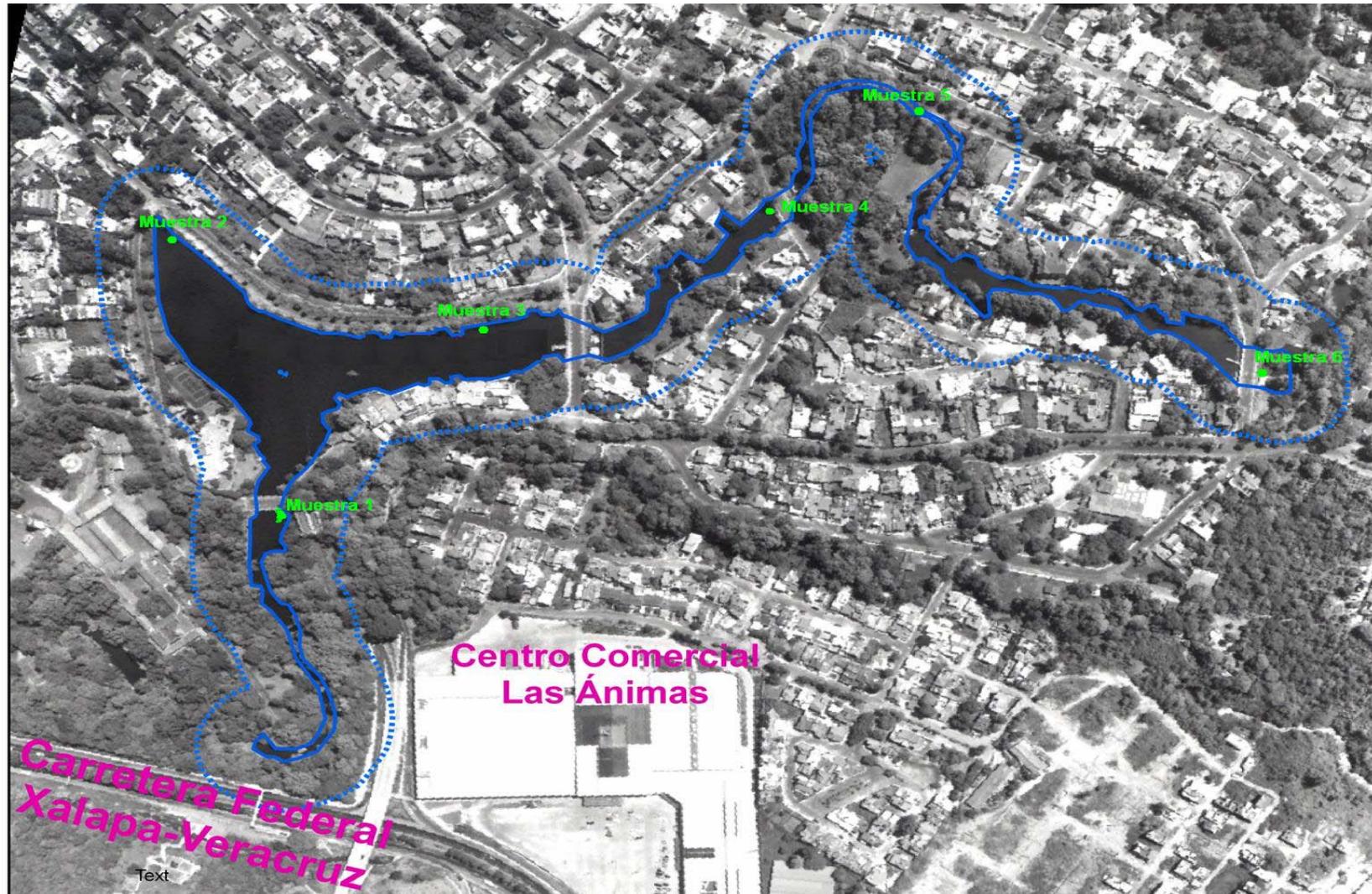


Figura 4. Ubicación de los puntos de muestreo de agua y delimitación del área de estudio.

En la figura 5 se muestra la variación de oxígeno disuelto en cada uno de los puntos de muestreo, la línea roja indica la concentración mínima para fuentes de abastecimiento de agua potable según los criterios ecológicos de SEMARNAT y CNA. Se puede observar que el oxígeno disuelto tiene una considerable variación a lo largo del trayecto del manantial, correspondiendo los valores mínimos a los puntos de muestreo número 2 y 5, lo que nos indica que pudiera existir un exceso de materia orgánica en descomposición; el valor máximo corresponde al tercer punto de muestreo y esto puede deberse a una alta tasa de fotosíntesis debido a la presencia de algas que están produciendo oxígeno.

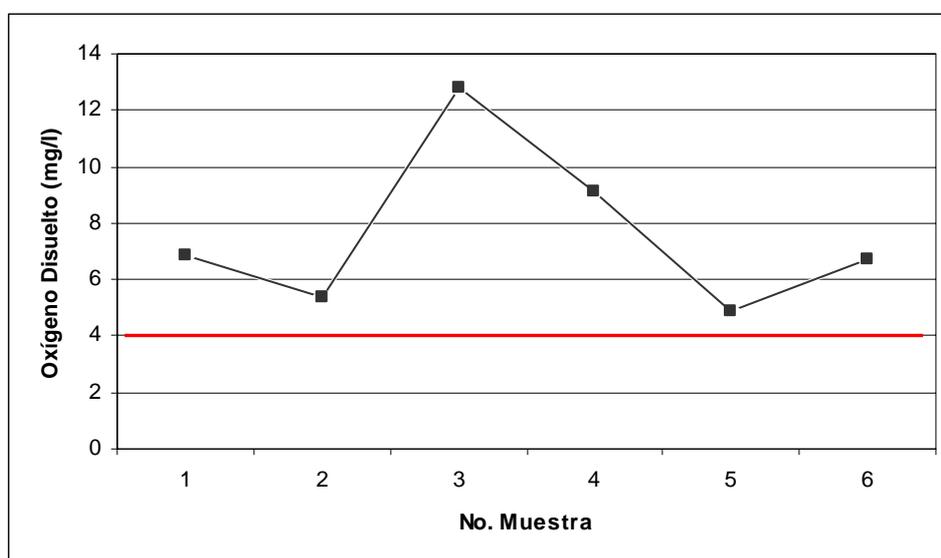


Figura 5. Oxígeno disuelto en los diferentes puntos de muestreo

En la figura 6 se muestra la variación de amonio en cada uno de los puntos de muestreo, la línea roja indica la concentración límite tolerable para fuentes de abastecimiento de agua potable según los criterios ecológicos de SEMARNAT y CNA. Los resultados de amonio son valores bajos en todos los puntos excepto en el 2, lo que indica un proceso de degradación parcial de la materia orgánica, proceso mediante el cual se consume parte del oxígeno disuelto en el agua.

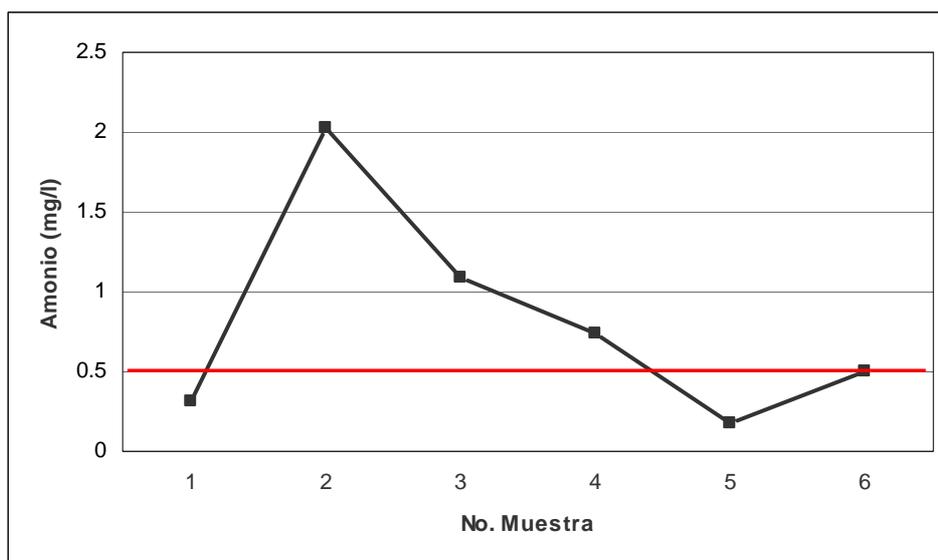


Figura 6. Contenido de amonio en los diferentes puntos de muestreo

En la figura 7 se muestra la variación de nitritos en cada uno de los puntos de muestreo, la línea roja indica la concentración límite tolerable para fuentes de abastecimiento de agua potable según los criterios ecológicos de SEMARNAT y CNA. Los resultados de nitritos son valores altos comparados con los límites tolerables, lo que indica contaminación reciente. El valor bajo del punto 1 puede deberse a una dilución por el agua que brota del manantial o bien a que no exista un proceso de descomposición de materia orgánica, mientras que el valor bajo del punto 3 puede ser debido a que el lago esté funcionando como laguna de oxidación o estabilización.



Figura 7. Contenido de nitritos en los diferentes puntos de muestreo

Los nitritos no son aceptables en las aguas potables. Proceden de la oxidación incompleta del amonio y de la reducción bacteriana incompleta de los nitratos. Un agua que contenga nitritos puede considerarse un agua contaminada por materias fecales.

En la figura 8 se muestra la variación del fósforo en cada uno de los puntos de muestreo, la concentración máxima permisible para fuentes de abastecimiento de agua potable según criterios ecológicos de SEMARNAT y CNA es de 0.1mg/l. Comparado con este valor de referencia, el fósforo tiene niveles altos en todos los puntos de muestreo, lo que se debe muy probablemente a la presencia de detergentes provenientes de las descargas de aguas residuales hacia los lagos.

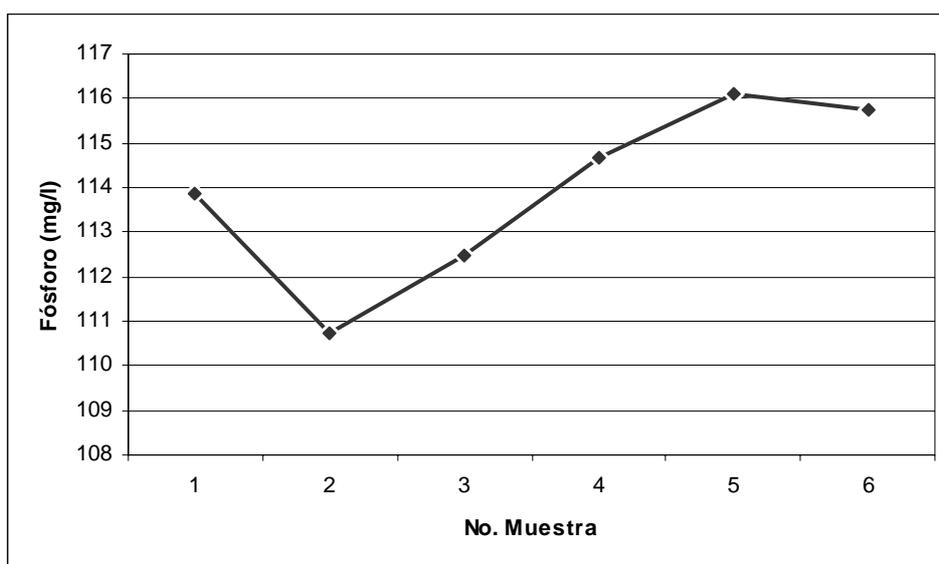


Figura 8. Contenido de Fósforo en los diferentes puntos de muestreo

Los excesos de nutrientes en el agua, principalmente nitrógeno y fósforo, conllevan a la existencia de mucha vegetación y otros organismos que agotan el oxígeno del agua y por lo tanto a la disminución de vida en ella. Sus características son mal olor, ausencia de peces y, en general, poca calidad de las aguas. Los efectos son particularmente graves cuando afectan a aguas con destino al abastecimiento urbano.

---

Los aportes adicionales de nutrientes, fósforo y nitrógeno, a los cuerpos de agua proceden mayoritariamente de los centros urbanos, de ciertas instalaciones industriales y del uso creciente de fertilizantes y pesticidas en la agricultura.

En el caso de los análisis bacteriológicos, se omitió la toma de muestra en el punto 5, debido a que había una descarga directa de aguas residuales y muy probablemente los resultados serían positivos.

Para la elaboración de los análisis bacteriológicos se tomó como referencia comparativa la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994, "Salud ambiental, agua para uso y consumo humano-límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización".

El cuadro 7 muestra los resultados bacteriológicos de forma cuantitativa. En estos resultados se observa que el punto 1 de muestreo que corresponde al manantial, no presenta contaminación por coliformes, no siendo el mismo resultado para los puntos restantes, ya que a partir de la segunda muestra existe presencia de coliformes, con un significativo incremento en el punto 6, que se catalogó como punto de salida de las aguas en estudio. La presencia de coliformes, generalmente es debida a las descargas domiciliarias hacia los cuerpos de agua, en el presente caso, se han detectado descargas residuales visibles y algunas ocultas hacia los lagos, demostrándose una de las causas de la contaminación detectada. En los resultados cualitativos (cuadro 8) se aprecia la presencia de algunas bacterias ya identificadas que son patógenas para el humano.

Cuadro 7. Resultados cuantitativos del análisis bacteriológico.

Puntos de Muestreo	Resultados (NMP/100ml)		Límite Permissible	
	Organismos Coliformes Totales	Organismos Coliformes Fecales	Organismos Coliformes Totales	Organismos Coliformes Fecales
1	No detectable	No detectable	2 NMP/100ml	No detectable NMP/100ml
2	2	3		
3	2	2		
4	3	4		
6	4	6		

Cuadro 8. Resultados Cualitativos del Análisis Bacteriológico.

PUNTO DE MUESTREO	BACTERIAS IDENTIFICADAS
1	Negativo a coliformes
2	<i>Escherichia coli</i> <i>Salmonella sp.</i>
3	<i>Escherichia coli</i> <i>Salmonella sp.</i>
4	<i>Escherichia coli</i> <i>Salmonella sp.</i> <i>Serratia marcescens</i>
5	<i>Escherichia coli</i> <i>Salmonella sp.</i> <i>Serratia marcescens</i>

Es importante hacer notar que a partir de los puntos de muestreo 4 y 5 es evidente la presencia de *Lemna sp.* o lentejas de agua que pertenece a la clase de *Liliopsida*, del orden *Arales* de una familia de 20 especies de flores unisexuales que se reproducen a un ritmo muy acelerado y que son capaces de absorber todo tipo de nutrientes, por lo que si su crecimiento es controlado, podría ayudar a eliminar parte del nitrógeno y fósforo excedente en el agua. En cuanto a la superficie cubierta por *Lemna sp.* se encontró que en el manantial no hay presencia de esta especie mientras que en el primer lago (muestreo 2 y 3) ésta cubre aproximadamente un 10% de la superficie, en el segundo lago (muestreo 4) cubre del 75% al 85% y en los puntos de muestreo 5 y 6 cubre del 10% al 15% de la superficie

---

*Lemna sp*, puede consumir agentes que contaminen el agua, por lo que podría ser de utilidad para controlar los niveles de contaminación por exceso de nutrientes, sin embargo un excesivo incremento de la lenteja verde obstruye el paso de la luz solar e impide la fotosíntesis, provocando la falta de oxígeno, lo que causa un serio problema en el ecosistema; además sirve de alimento a peces y microbios lo que representaría un problema ya que al consumirla contaminada su organismo se intoxica. Es notoria la presencia también de *Elodea*, así como de microalgas perifíticas filamentosas grisáceas indicadoras de contaminación, sin identificar la especie.

### **5.5. Diagnóstico integrado**

De la percepción y análisis de las variables que integran el área de estudio, de su correlación e interpretación de la metodología se desprende que se trata de un territorio definido como microsistema hídrico. Cuenta con una extensión de 15.3ha, donde el paisaje es predominantemente plano con algunas hondonadas.

Sobre esta microcuenca se precipita un promedio de 1,500mm anuales según datos de la Comisión Nacional del Agua. Estas precipitaciones han permitido el desarrollo de vegetación densa en el ripario y humedal, que juega varios roles en la ecología local y regulación del escurrimiento. Protege al suelo de las lluvias, evitando la erosión por el choque del agua y tierra descubierta. Es una microcuenca urbana en la que la principal actividad productiva es el comercio.

---

## 6. CONCLUSIONES

- El agua constituye un medio vital para el desarrollo de la vida, y se requiere por todos los seres vivientes con las cualidades de suficiencia, permanencia y calidad.
- El abastecimiento de agua para consumo humano, es uno de los principales problemas que hoy afectan, social y económicamente a México y el mundo, por el crecimiento poblacional, y por el desconocimiento que tiene la mayoría de las personas en cuanto a la importancia de las cuencas hidrográficas y su conservación para el bienestar humano y el desarrollo sustentable.
- Esta microcuenca está sufriendo en la actualidad algunas perturbaciones que pudieran alterar su capacidad de regulación y por ende la disminución en su caudal, las cuales aun están a tiempo de ser corregidas si son debidamente controladas las causas que las originan.
- Los suelos, por su topografía y textura son propensos a erosionarse si se les priva de su cubierta protectora.
- Los habitantes del Fraccionamiento Las Ánimas tienen conocimiento de la importancia y necesidad de conservar la microcuenca, para esto creen necesario la elaboración de planes y programas por parte de las autoridades.
- El agua del manantial es apta para su utilización según el criterio ecológico para uso de agua publicado en el Diario Oficial de la Federación en Abril de 1989.
- Al seguir su trayecto a través de los lagos el agua sufre modificaciones negativas en los parámetros medidos debido a la contaminación proveniente de descargas de aguas residuales que son vertidas

directamente a los cuerpos de agua, las cuales se ha observado son subsuperficiales o bien superficiales.

- Dada la situación en la que se encuentra actualmente el manantial y los lagos se puede mejorar notablemente el aspecto tanto ecológico como visual de los mismos.
- De continuar con las prácticas que hasta ahora se han venido desarrollando, se incrementarán: los índices de deterioro ambiental, pérdida de la cubierta vegetal, erosión de los suelos y por consiguiente el abatimiento del manantial.
- Son necesarias acciones de las diferentes instituciones de gobierno que tengan competencia en el tema, la población involucrada, entre otros

## RECOMENDACIONES

Los resultados fisicoquímicos y bacteriológicos obtenidos de la muestra tomada en el manantial, indican que el agua es de buena calidad de acuerdo al criterio ecológico (CE-CCA-001/89) publicado en la gaceta ecológica de Secretaria de Desarrollo Social (SEDESOL) de 1989. Por esto, las propuestas de conservación y mejoramiento van encaminadas a atender solo el área inmediata a los cuerpos de agua debido a que durante su trayecto, la calidad de la misma se va deteriorando, por la problemática ya descrita anteriormente.

Y de acuerdo con el diagnóstico realizado se recomienda llevar a cabo las siguientes acciones:

La primera acción a implementar va encaminada a identificar y eliminar las descargas de aguas residuales hacia los cuerpos de agua. Estas acciones deben incluir medidas como:

- 
- Elaborar un inventario de las descargas hacia los lagos.
  - Corrección o reparación de la red de drenaje dañada en el Fraccionamiento y colonias aledañas.
  - Construcción de colectores perimetrales de aguas negras.
  - Construcción de colectores pluviales con trampas desarenadotas para evitar el depósito de sólidos en los cuerpos de agua así como grasas y aceites.

Como segunda acción se debe iniciar con la limpieza de los lagos, esto debe incluir:

- Eliminar la basura flotante de los lagos.
- Eliminación de la *Lemna sp* que se encuentra en la superficie de los cuerpos de agua, con la finalidad de permitir el paso de la luz y la correcta aireación del agua.
- Controlar el crecimiento de la *Egeria densa* (Elodea) que se encuentra sumergida en los cuerpos de agua, mediante trabajos de limpieza periodicos. Es conveniente no eliminarla totalmente ya que si recibe luz suficiente es una gran productora de oxígeno y depuradora.

Otras acciones que podrían coadyuvar en el mejoramiento de la microcuenca son:

- Reforestación de la zona de ripario, para lo cual se considerarán únicamente especies de selva mediana y bosque mesófilo de montaña debido a que la limitante en este caso es la altitud de la zona. Las especies utilizadas para reforestar deben ser árboles de mediano o gran tamaño que ayuden a proteger los suelos y captar agua.
- Establecer un programa de monitoreo de la calidad del agua para dar seguimiento al programa de mejora.
- Realizar estudios mas detallados de la dinámica del agua a través del tiempo.
- Involucrar al Gobierno del Estado para que se considere la conservación de la microcuenca dentro del programa ABC.

Como acción complementaria que puede asegurar la calidad del agua del manantial se debe dar continuidad y seguimiento al programa de saneamiento de la ciudad. Esto evitaría las infiltraciones hacia el subsuelo que pueden llegar hasta esta zona.

Por otra parte, la recuperación ó reforestación de las áreas verdes en mal estado, aledañas al área de estudio, favorecería la recarga del acuífero además de generar el pago de servicios ambientales por captura de carbono y fábrica de agua, programa manejado por la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). Otro punto importante por el cual es necesario recuperar esta área, es el mejoramiento estético del lugar con especies vegetales originarias de la zona.

En el último de los casos se podría dar la adquisición de los terrenos aledaños al manantial que colindan con los nuevos comercios establecidos en la zona (The Home Depot), por motivos de utilidad pública urbana para la protección y conservación del recurso agua.

Todas estas acciones deben llevarse a cabo tratando de involucrar a las autoridades competentes.

---

**BIBLIOGRAFÍA**

**Aguilera, C.M., R. Martínez.** (1990). Relaciones agua-suelo-planta-atmósfera. Universidad Autónoma de Chapingo. México. pp 32

**Ambientum** (2002). Revista Digital. Nitrógeno en el agua. Edición febrero 2002, Tomado de la red mundial el 28 de junio de 2006. Disponible en [http://www.ambientum.com/revista/2002\\_05/NTRGNO1.asp](http://www.ambientum.com/revista/2002_05/NTRGNO1.asp)

**Ávila, G. P.** (1996). Escasez de agua en una región indígena: el caso de la Meseta Purépecha. Colegio de Michoacán. México. pp 428.

**Basterrechea, M;** et al. (1996). Lineamientos para la preparación de proyectos de manejo de cuencas hidrográficas para eventual financiamiento del Banco Interamericano de Desarrollo. BID. EUA. pp 20.

**Baver, L., W. Gardner & W. Gardner** (1972). Física de Suelos. UTHEA. México pp 529.

**Brown, L.R.** (1993). La situación en el mundo. Un informe del Worlwatch Institute sobre desarrollo y Medio Ambiente. Centro de Investigaciones para la Paz. EUA pp 425.

**Carabias, J., Enrique P.** (2001). Pobreza y medio ambiente, México, D.F. pp 350.

**CEPAL.** Serie recursos naturales e infraestructura. Chile. pp. 77.

**Cardoza, B.R.** (1993). Estrategias para el manejo integral de cuencas hidrográficas (Caso estado de Durango). El agua en el manejo forestal. Memorias del primer simposio nacional división de ciencias forestales. Universidad Autónoma de Chapingo. pp 14.

**Cerón C. M.** (1998) Xalapa Costumbres y Leyendas. Editora Xalapeña, Xalapa. pp 258.

**Challenger,A.** (1998). Foro la ciudad y el libramiento que queremos.

**CONAFOR** (2004). Plan estratégico forestal para México, 2025. Comisión Nacional Forestal. pp 140.

- 
- CNA (1989):** Criterios ecológicos de calidad del agua. Diario Oficial de la Federación el 13 de diciembre de 1989.
- CNA (2002).** Compendio básico del agua 2002. Comisión Nacional del Agua. México. 96 p. (<http://www.cna.gob.mx/portal/switch.asp?param=4010>).
- CNA (2002).** Plan Hidráulico Regional 2002-2006. Comisión Nacional del Agua. Golfo Centro Región X.
- CNA (2004).** Ley de Aguas Nacionales 2004. Comisión Nacional del Agua. México.
- Dardón, et al. (2002).** La cuenca alta del río Samalá: Gobiernos locales y bienes comunales, aproximación evaluativa de sustentabilidad social. Universidad de San Carlos de Guatemala. Dirección General de Investigación. Informe de investigación del programa universitario en recursos naturales y ambiente. Guatemala. 94 pp.
- Dourojeanni, A. (2001).** Water management at the river basin level challenges in Latin America.
- Facultad de Ciencias Sociales.** Maestría en desarrollo. Curso de ordenamiento territorial. Guatemala. 28 p.
- FAO (2001).** Evaluación de los recursos forestales. Países tropicales. Estudios FAO Montes. ONU Roma.
- FAO (1995).** Ordenación sostenible de los bosques, silvicultura. Unasyuva 182. La FAO y una silvicultura que cambia.
- FAO-UNESCO (1998).** Base de referencia para los suelos del mundo (BRSM). FAO, 1998. Disponible en: <http://edafologia.ugr.es/carto/tema01/faogene.htm>
- Ferrer Véliz, E (1985).** Análisis Ambiental de la Región Centro Occidente de Venezuela. Ed. Fudeco. Barquisimeto, Venezuela.
- Gutiérrez P. A. (1977).** Texto guía forestal. "Subsecretaría Forestal y de la Fauna". Departamento de divulgación. México, D.F.
- Herrera A. P. (2000).** El Agua en el Mundo. Tomado de la red mundial el 20 de mayo de 2006. Disponible en: [http://www.imta.mx/marco\\_aguamundo.htm](http://www.imta.mx/marco_aguamundo.htm)
- INEGI (2002).** Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Carta Edafológica

---

**INEGI** (2002). Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Carta Ortofoto Digital de la zona urbana de Xalapa, Ver.

**INEGI** (2002). Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Carta Topográfica.

**Kulshreshtha, S. N.**, (1998) A Global Outlook for Water Resources to the Year 2025, Water Resources Management, vol. 12, -184 p.

**López M. I. R.** (1993). Ecología Urbana Aplicada a la Ciudad de Xalapa. Talleres de Artes Gráficas Graphos. Xalapa.

**McIntosh P.** (2001). Water for the future: Four commonsense principles. International Wildlife, Viena.

**Nebel B., Wrigth R.** (1999). Sexta edición. Ciencias ambientales: Ecología y desarrollo sostenible. PrenticeHall. México. 720 p.

**Ortiz R. G., Cruz F., Valencia J. C.**, (1998). Aspectos relevantes de la política del agua en México, en el marco de desarrollo sustentable. Conferencia Internacional: "Agua y Desarrollo sostenible". Paris, 19-20-21 de Marzo de 1998.

**Palma, I. et al.** (2000). Elementos para una estrategia de intervención en el proceso de ordenamiento territorial en la subcuenca del río las tinajas. Universidad del Valle de Guatemala.

**PRONASOL** / Consejo. Consultivo 1993.

**Rivera, N.P.** (1998). Introducción al manejo de cuencas hidrográficas y su importancia. Red latinoamericana de manejo de cuencas hidrográficas, auspiciado por la FAO.

**SAGPIA/BIRF** (2000). Oportunidades y requisitos para los proyectos forestales destinados al mecanismo del desarrollo limpio. Disponible en: <http://www.sagpiya.mecon.gob.ar/new/0-0/forestacion/revista24/oportu.htm>

**SARH.** (1994). Diagnóstico del Parque Nacional Dzibilchantún, Estado de Yucatán. Subsecretaría Forestal y de Fauna. Consultoría en Ecología y Medio Ambiente. 76 páginas.

**SEDERE** (2002). Secretaría de Desarrollo Regional. Dirección General de Ordenamiento Urbano y Regional. Planos de Infraestructura de Agua Potable de la Zona Conurbada Xalapa-Banderilla-Coatepec-Emiliano Zapata-Tlalnelhuayocan.

---

**SEDERE** (2002). Secretaría de Desarrollo Regional. Dirección General de Ordenamiento Urbano y Regional. Planos de Infraestructura de Energía Eléctrica y Alumbrado de la Zona Conurbada Xalapa-Banderilla-Coatepec-Emiliano Zapata-Tlalnelhuayocan.

**SEDERE** (2002). Secretaría de Desarrollo Regional. Dirección General de Ordenamiento Urbano y Regional. Planos de Infraestructura de Drenaje y Alcantarillado de la Zona Conurbada Xalapa-Banderilla-Coatepec-Emiliano Zapata-Tlalnelhuayocan.

**SMN** (2006). Servicio Meteorológico Nacional. Glosario Meteorológico. Disponible en: <http://smn.cna.gob.mx/glosario/glos-c.html#clima>

**Soto, E.M. y Angulo R. M. De J.** (1990). Estudio climático de la región del Cofre y Valle de Perote. INIREB, Xalapa. pp 103

**Springall R.** (1976). Hidrología. Universidad Autónoma de México

**Varela, J.** (1988). Los Paisajes del tiempo. Ed. Tribuna. Madrid España.

**Vaux H.** (2002). A U.S. water research agenda for the twenty-first century Environment; Washington; May 2002. Vol. 44, Iss. 4; pg. 32, 12 p.

**Wambeke, J.** (1998). La Microcuenca hidrográfica como ámbito de planificación del uso y manejo de los recursos naturales, enfoque socio-territorial. Disponible en: <http://www.rlc.fao.org/prior/reclnat/micro.htm>

**Wilson, E.** (1996). Biodiversity. Washington: National Academy Press

# ANEXOS

---

---

## **ANEXO A. "PAGO DE SERVICIOS AMBIENTALES" EN MÉXICO**

El Proyecto de Servicios Ambientales del Bosque que desarrolla la CONAFOR, tiene como objetivo principal incrementar y mejorar los servicios ambientales en México que ofrecen beneficios nacionales (principalmente en servicios hidrológicos), e internacionales (principalmente en conservación de la biodiversidad y por captura de carbono) fortaleciendo y mejorando los mecanismos actuales de pago por servicios ambientales (PSA) en México y apoyando la creación de nuevas fuentes de financiamiento, a través del desarrollo de mecanismos locales para PSA.

Los mecanismos que actualmente se instrumentan en México por parte de la CONAFOR, son el Programa de Pago por Servicios Ambientales Hidrológicos (PSAH) y el Programa para Desarrollar el Mercado de Servicios Ambientales por Captura de Carbono y los Derivados de la Biodiversidad y para Fomentar el Establecimiento y Mejoramiento de Sistemas Agroforestales (CABSA). El proyecto propone avanzar en la consolidación y fortalecimiento de estos programas y la creación de nuevos mecanismos a través de la implementación de programas pilotos de PSA en ocho áreas promisorias (APROMSA).

El PSAH, que se inició en 2003, está dirigido a complementar otras iniciativas de conservación a través de incentivos económicos en contra a la deforestación en áreas donde existen problemas hídricos. A través del programa se hacen pagos a los propietarios de terrenos forestales para fomentar la conservación de bosques en cuencas asociadas con el abastecimiento hídrico a poblaciones. Los recursos para el otorgamiento de pagos a través del PSAH provienen de una porción de las tarifas de agua que pagan los grandes usuarios de ésta, conforme a lo establecido en la Ley Federal de Derechos.

El CABSA tiene como objetivo promover el acceso de los propietarios de terrenos forestales a los mercados nacionales e internacionales de los servicios ambientales relacionados con la captura de carbono y con la biodiversidad de

los ecosistemas forestales. El programa impulsa el establecimiento de sistemas agroforestales y hace pagos por la captura de carbono, protección de la biodiversidad, reconversión a sistemas agroforestales y mejoramiento de sistemas agroforestales ya existentes.

El proyecto financiado por el Banco Mundial y GEF (Fondo para el Medio Ambiente Mundial) tiene por objeto: (a) fortalecer la capacidad de CONAFOR e instituciones relacionadas, asociaciones comunitarias y organismos no gubernamentales para mejorar su flexibilidad y eficiencia para fomentar el desarrollo a largo plazo de los programas de PSA, (b) establecer mecanismos de financiamiento sostenibles a largo plazo, (c) establecer arreglos legales, institucionales y financieros para ensayar mecanismos de PSA basados en esquemas de mercado, (d) documentar vínculos entre cambios en el uso de la tierra y el mejoramiento de servicios hidrológicos y de biodiversidad, y (e) definir buenos modelos y prácticas para reproducir, expandir y sostener programas de PSA basados en un esquema de mercado.

La conservación y los usos de la tierra que se promuevan con el programa deben contribuir a: (a) reducir la vulnerabilidad de las comunidades rurales y urbanas a los desastres ocasionados por fenómenos naturales, (b) reducir los niveles de erosión y el arrastre de sedimentos hacia ríos, canales y embalses, (c) mejorar la calidad de agua, control del flujo de agua, y recarga de acuíferos y (d) generar hábitat para la biodiversidad. En especial, este último objetivo se logrará al promover la conservación de la cobertura forestal y protección de ecosistemas en terrenos forestales de ejidos, comunidades y propietarios privados que sirven como áreas de amortiguamiento y corredores biológicos dentro del Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas, el Corredor Biológico Mesoamericano en México y otras áreas de interés para la conservación de la biodiversidad en México.

Para la creación de un sistema basado en un esquema de mercado y su éxito a largo plazo es fundamental entender y probar la demanda de servicios ambientales que existe en las áreas locales promisorias donde se implementarán los pilotos. La hipótesis de trabajo del proyecto es que la

---

cobertura forestal de México puede incrementarse, pagándole a los propietarios de la tierra por los servicios ambientales (externalidad positiva) que ellos producen, ya sea utilizando sistemas sostenibles de producción, reforestando y/o conservando los bosques.

El objetivo de la propuesta para el GEF es promover la conservación de ecosistemas clave para la protección de la biodiversidad de importancia global. La propuesta es elegible para el financiamiento del GEF en dos de sus cinco programas operacionales que apoyan la conservación y el uso sostenible de la biodiversidad: ecosistemas forestales y ecosistemas de montañas.

El proyecto se encuentra estructurado en cinco componentes:

Componente 1. Desarrollo de mecanismos de financiamiento sustentables. Orientado a promover la demanda de servicios ambientales y el establecimiento de esquemas de pago por servicios ambientales, financiados a través del pago por los propios usuarios.

Componente 2. Desarrollo y fortalecimiento de mecanismos de pago por servicios ambientales. Dirigido a fortalecer los programas actuales de pago por servicios ambientales (PSAH y CABSAs) y apoyar el desarrollo de mecanismos locales de pago por servicios ambientales, basados en esquemas de mercado.

Componente 3. Apoyo a los proveedores de servicios ambientales. Enfocado a remover los obstáculos que impidan a los propietarios de terrenos forestales (proveedores de servicios ambientales), participar en los programas de pago por servicios ambientales, sean estos gubernamentales o privados, dando especial atención a los productores de grupos marginados (pobres y/o indígenas, principalmente).

Componente 4. Pago a proveedores de servicios ambientales. Orientado a financiar y realizar los pagos por servicios ambientales, asegurando que los productores de dichos servicios sean compensados apropiadamente y

verificando que éstos realicen las actividades que garanticen la provisión de servicios ambientales.

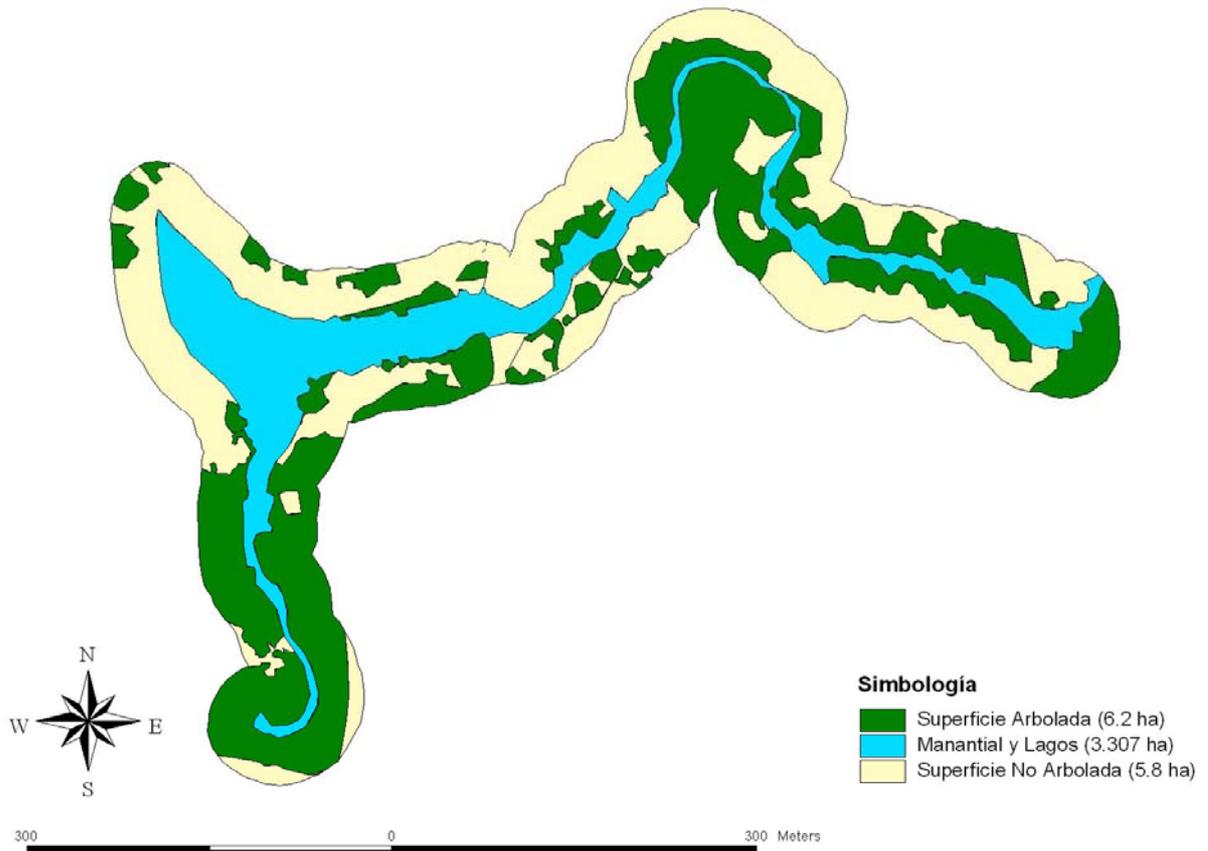
Componente 5. Manejo del Proyecto. Este componente estará dirigido a llevar a cabo los mecanismos de manejo del proyecto, entre los que se incluye la planeación, el monitoreo y evaluación. Asimismo, apoyará a las instituciones existentes o nuevas a conducir las acciones para la coordinación y supervisión necesarias para la implementación del proyecto, así como para el fortalecer la efectividad y calidad de las operaciones del proyecto.

La Federación y el Gobierno de Veracruz crearon un Fideicomiso para el pago de servicios ambientales y el Municipio Coatepec, Veracruz se convirtió en el primero de la República en efectuar el pago por servicios ambientales a productores forestales que llevan a cabo proyectos productivos de conservación y desarrollo en zonas boscosas del estado, garantizando el abasto de agua.

Ante la presencia del Secretario de Medio Ambiente y Recursos Naturales, el Director General de la CONAFOR, y el Gobernador de Veracruz en aquel entonces, Miguel Alemán Velasco, firmaron el 19 de febrero de 2003 en Xalapa, Veracruz, el convenio a través del cual se crea el Fideicomiso Público para la Promoción, Preservación y Pago de Servicios Ambientales Forestales de la Zona Montañosa de Coatepec (Fidecoagua), en el que participan dependencias de los tres niveles de gobierno. El Fidecoagua otorga mil pesos por cada hectárea ubicada en las microcuencas hidrológicas que abastecen de agua al municipio de Coatepec.

El titular de la CONAFOR destacó que se dará prioridad a los proyectos que beneficien a comunidades indígenas o con altos niveles de marginalidad, a los bosques certificados en el país que aseguren calidad en los servicios ambientales, así como a 60 montañas del Programa de Zonas Montañas.

## ANEXO B. CLASIFICACIÓN DE FOTOGRAFÍA AÉREA



## ANEXO C. ALBUM FOTOGRÁFICO



Vista del lugar donde nace el manantial de Las Ánimas



Vista del manantial de Las Ánimas



Vista del manantial de Las Ánimas



Vista de los terrenos aledaños al manantial de Las Animas



Aviso colocado por la Comisión Nacional del Agua para evitar la extracción del agua



Medición de parámetros físico-químicos



Vista de la contaminación del agua por desechos sólidos



Cobertura de *Lemna sp.* en los cuerpos de agua



Vista de descarga directa al lago