



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**PROPUESTA DE ESTRATEGIAS Y TÁCTICAS
AMBIENTALES PARA EL SANEAMIENTO BÁSICO
EN ASENTAMIENTOS HUMANOS DEL SUELO DE
CONSERVACIÓN DE LA DELEGACIÓN TLALPAN,
D.F.**

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
I N G E N I E R O C I V I L
PRESENTA
MÓNICA VICTORIA TÉLLEZ ESPINOSA



MÉXICO, D.F.

2010



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Dedico este trabajo muy afectuosamente a mis padres, sin quienes nada hubiera sido posible.

Gracias a la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México, que me dio tantas cosas.

También agradezco a todas las personas que directa o indirectamente me ayudaron en la elaboración de esta tesis, que no puedo enumerar porque resultaría una lista muy extensa: mis profesores, mi familia y mis amigos. Gracias a Dios por ponerlos en mi camino.

Espero poder transmitirles el amor a nuestro entorno natural, creo firmemente en que el equilibrio entre el progreso y el respeto a la naturaleza es posible.

PROPUESTA DE ESTRATEGIAS Y TÁCTICAS AMBIENTALES PARA EL SANEAMIENTO BÁSICO EN ASENTAMIENTOS HUMANOS DEL SUELO DE CONSERVACIÓN DE LA DELEGACIÓN TLALPAN, D.F.

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN

OBJETIVO GENERAL

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

ALCANCES Y LIMITACIONES

METODOLOGÍA DEL ESTUDIO

1. Características generales del medio natural y socioeconómico de la zona de estudio
 - 1.1. Medio físico del Distrito Federal y de la Delegación Tlalpan
 - 1.2. Medio biológico del Distrito Federal y de la Delegación Tlalpan
 - 1.3. Medio socioeconómico del Distrito Federal y de la Delegación Tlalpan
2. Situación actual del abastecimiento de agua y manejo de residuos en la zona de estudio
 - 2.1. Abastecimiento de agua para consumo humano
 - 2.2. Evacuación de residuos líquidos
3. Impacto ambiental del manejo del agua residual en las áreas de influencia de los asentamientos humanos irregulares en la Delegación Tlalpan, D.F.
 - 3.1. Metodología de identificación y evaluación del Impacto Ambiental
 - 3.2. Árbol de acciones
 - 3.3. Árbol de factores ambientales
 - 3.4. Identificación y evaluación de Impactos
4. Estrategia ambiental para la mitigación de impactos
 - 4.1. Categorización de los asentamientos en función de sus características urbanas
 - 4.2. Estrategia general para prevenir y controlar los impactos
 - 4.3. Estrategia para el saneamiento básico
5. Sistemas descentralizados para la evacuación y tratamiento del agua residual
 - 5.1. Sistemas de evacuación de agua residual y pluvial
 - 5.2. Sistemas de tratamiento
6. Conclusiones



INTRODUCCIÓN

“Es D.F. devorador de Suelo”

Éste es un encabezado preocupante que aparece en el periódico Reforma el día 3 de julio de 2004, citando al director del Programa Universitario de Estudios sobre la Ciudad de la UNAM (PUEC), Manuel Perló Cohen.

Actualmente, el Suelo de Conservación del Distrito Federal pelagra principalmente por la tala desmedida e irresponsable y el crecimiento de la mancha urbana. Pero también se vive un momento histórico donde la conservación del medio ambiente comienza a cobrar la importancia que debe tener.

Se ha llegado al punto donde se debe decidir el camino a seguir, sin que esto signifique elegir entre el ambiente o la gente, sino de dar soluciones integrales para que ambos factores se vean beneficiados al final.

Estas importantes decisiones no deben tomarse a la ligera; deben tener base en diversos análisis, donde intervengan todos los factores. Es aquí donde debe intervenir la Ingeniería en colaboración con muchas otras ciencias y disciplinas.

El Suelo de Conservación, en particular de la Delegación Tlalpan, tiene gran importancia para nuestra ciudad capital, tanto para la recarga de los acuíferos que la abastecen como para limpiar el aire que la cubre. Al mismo tiempo, lleva años en conflictos que amenazan al Suelo de Conservación, incluyendo a varias especies endémicas, lo que a la larga también tendrá consecuencias graves para toda la ciudad.

Esta tesis tiene a esta zona como objetivo de estudio, considerando que todos los esfuerzos, por pequeños que sean, se sumarán al final y derivarán en una mejora en todos los aspectos para nuestro ambiente.

OBJETIVO GENERAL

Analizar la situación actual en cuanto al suministro de agua y manejo de aguas residuales en los asentamientos humanos irregulares en la zona de estudio y los impactos ambientales que éstos generan para proponer estrategias y tácticas ambientales que se adecuen a las necesidades de esta zona.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Analizar las características generales de algunos asentamientos humanos irregulares que se encuentren en la zona de estudio.
2. Estudiar las condiciones del suministro de agua potable y evacuación de aguas residuales
3. Estudiar los impactos ambientales que las actividades antropogénicas provocan.
4. Proponer una estrategia ambiental que permita mitigar o prevenir los impactos.
5. Proponer diferentes sistemas descentralizados que permitan la mayor eficiencia en la evacuación y el tratamiento del agua sin poner en riesgo el Suelo de Conservación.



ALCANCES Y LIMITACIONES

Los impactos ambientales generados directa e indirectamente por las actividades antropogénicas son tan grandes y tan variados que requieren de un estudio muy complejo y prolongado para poder abarcar todas sus ramificaciones.

Este estudio está enfocado al análisis de los impactos provocados por el manejo del agua residual en la zona de San Miguel Topilejo, tomando un radio de aproximadamente 10 Km desde el centro de esta comunidad. Los datos manejados fueron proporcionados por el Sistema de Aguas de la Ciudad de México, que fueron recolectados en diferentes periodos con fines de monitoreo de pozos de las delegaciones Tlalpan y Xochimilco.

METODOLOGÍA DEL ESTUDIO

Un *impacto ambiental* es la alteración de la calidad del ambiente producida por una actividad humana. Hay que tener en cuenta que no todas las variaciones medibles de un factor ambiental pueden ser consideradas como impactos ambientales.

Una primera consideración es el origen o la causa de este cambio ambiental. Para poder hablar de un impacto ambiental, éste tiene que estar producido directa o indirectamente por una actividad humana. En segundo lugar, para que este efecto ambiental se pueda considerar un impacto, es necesaria una valoración positiva o negativa de este cambio en la calidad ambiental.

La evaluación del impacto ambiental es una valoración de los impactos que se producen sobre el ambiente por un determinado proyecto o conjunto de acciones. Ésta nunca puede ser objetiva, ya que siempre tiene connotaciones subjetivas debido a que la referencia es la calidad ambiental, un concepto subjetivo.

Para el estudio del impacto ambiental del manejo del agua residual en la zona de estudio, primero se definió la metodología a seguir. Las actividades son, en general, las mismas que se realizan en cualquier estudio de impacto ambiental:

1. Revisión general del ambiente existente
2. Selección de los indicadores ambientales que se usarán para describir el ambiente y medir los efectos de cualquier acción posterior
3. Descripción del ambiente existente, enfatizando cada uno de los indicadores seleccionados, utilizando fuentes de datos ya disponibles
4. Uno o varios programas de muestreo para completar la descripción del ambiente
5. Varias predicciones de los efectos que tendrán sobre el ambiente las acciones planteadas o el proyecto
6. Propuestas de modificaciones que podrían minimizar los impactos adversos que puedan resultar de las acciones o el proyecto
7. Preparación del informe o manifestación de impacto ambiental

Si se encuentra que el marco ambiental no está lo suficientemente completo, se deben investigar otras fuentes de información para completarlo.



La evaluación de los impactos de las acciones que se estudian requiere una visión multidisciplinaria; particularmente requiere de análisis de puntos de vista biológicos y socioeconómicos, ya que la cantidad y la calidad del agua repercuten significativamente en ambos campos. También se debe tener en cuenta que la evaluación de los impactos pudiera revelar medios para minimizar los impactos negativos.

En la figura A se muestra de forma esquemática este proceso.

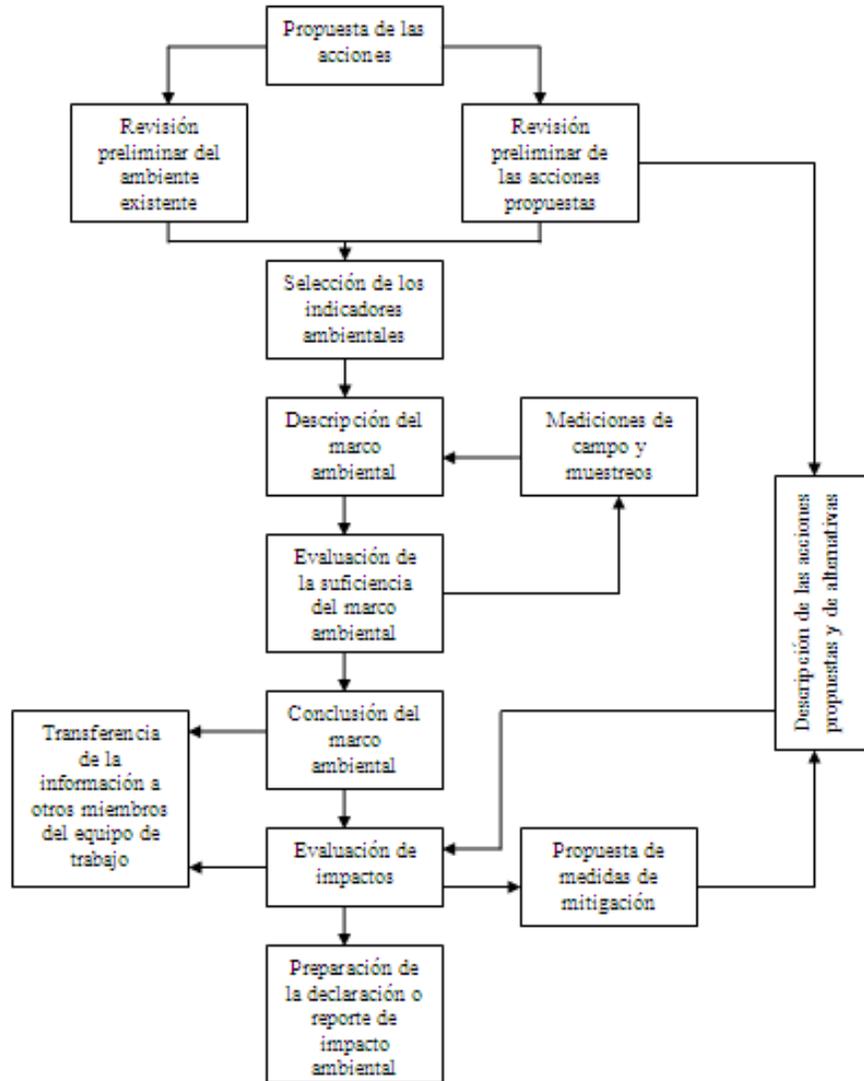


Figura A.- Diagrama de flujo de la metodología de un estudio de Impacto Ambiental

CAPÍTULO I

Características generales del medio natural y socioeconómico de la zona de estudio

1.1 Medio físico del Distrito Federal y de la Delegación Tlalpan

La Ciudad de México se localiza en lo que fue originalmente una cuenca cerrada, abierta de modo artificial a principios del siglo XVII. Esta gran unidad natural, conocida como la Cuenca de México, incluye al Distrito Federal y partes de los estados de México, Hidalgo, Tlaxcala y Puebla. Se extiende en un área aproximada de 7 500 km² y se ubica dentro del Eje Neovolcánico Transversal. La parte más baja, una planicie lacustre, tiene una elevación promedio de 2 240 metros sobre el nivel del mar. El valle está rodeado por un conjunto de sierras al este, oeste y sur. Al norte lo limita una serie discontinua de montañas menores. Sus picos más altos, localizados al sureste, son el Popocatepetl y el Iztaccíhuatl, con una altitud de 5 465 y 5 230 metros, respectivamente.

La Delegación Tlalpan se ubica entre las siguientes coordenadas extremas: al Norte 19°19' latitud norte, al Sur 19°05' latitud Norte, al Oriente 99°06' longitud Oeste, y al Poniente 99°19' longitud Oeste. Tlalpan se localiza al Suroeste del Distrito Federal; colinda al Norte con la Delegación Coyoacán; al Sur con el Estado de Morelos (Municipio de Huitzilac) y el Estado de México (Municipio de Santiago Tianguistenco); al Oriente con las Delegaciones de Xochimilco y Milpa Alta; y al Poniente, con la Delegación Magdalena Contreras y el Estado de México (Municipio de Xalatlaco).

1.1.1 Geología y Orografía

La Cuenca de México debe su formación a procesos volcánicos y tectónicos que se han ido desarrollando a partir del Eoceno Superior, es decir, de los últimos 50 millones de años. El vulcanismo de esa época produjo espesores de dos kilómetros de lava basáltica hasta riolítica, con material piroclástico asociado (tobas, cenizas y brechas). En menor proporción se encuentran sedimentos lacustres depositados durante el Cuaternario y material aluvial con intraestratificaciones de cenizas volcánicas del Plio-Pleistoceno.

El área está constituida por dos paisajes geomórficos principales: la planicie propiamente dicha, donde existen geformas tales como la llanura lacustre, algunas planicies aisladas, lomeríos bajos y planicies de inundación, y las sierras que lo circundan con formas geográficas tales como laderas y valles erosivos. Las primeras se caracterizan por formar, en conjunto, una gran extensión de cubiertas por derrames lávicos sobrepuestos, representados por numerosos aparatos volcánicos jóvenes (v. gr. Ajusco, Pelado y Oyameyo), domos, sierras (v. gr. Chichinautzin, Las Cruces y Santa Catarina), lomeríos altos, conos cineríticos y



lahares. Dentro de las geoformas se encuentran los valles intermontanos, rampas de piedemontes y cañones.

Entre las laderas montañosas y la planicie, de origen lacustre, se extienden mantos de acumulación volcánica y de acarreo, formando un piedemonte irregular en su extensión y composición.

En el sur de la Cuenca de México se muestra claramente un tipo de relieve endógeno (volcánico acumulativo), como resultado de una continua actividad volcánica a fines del pleistoceno y en el holoceno. En esta región se localiza la mayor concentración de volcanes jóvenes, los cuales llegan a 300 aproximadamente.

La mayor expresión de las formas volcánico-efusivas se reconoce en la Sierra Chichinautzin, de edad probablemente holocénica. En conjunto cubren una superficie de varios cientos de kilómetros cuadrados. Por su juventud no presentan una red fluvial integrada, sólo corrientes aisladas.

Los materiales del Chichinautzin se extendieron hacia la vertiente sur de la Sierra, cubriendo parcialmente las rocas antiguas de la Formación Tepoztlán; así formaron pendientes fuertes y escarpes como resultado del relieve preexistente que cubrieron.

El Volcán Ajusco fue formado en varias etapas de actividad desde el Plio-cuaternario; sus laderas de fuerte inclinación se ven afectadas por procesos gravitacionales intensos y está constituido principalmente por andesitas porfídicas.

La planicie lacustre de la Cuenca de México, sobre todo en su parte sur, se convierte en receptora de las corrientes montañosas que en el pasado originaron mantos acumulativos; actualmente, este proceso se ha alterado artificialmente hacia el occidente de la Ciudad de México por la urbanización.

Los sedimentos lacustres provienen en gran parte de las explosiones de piroclastos de los volcanes jóvenes de la Cuenca de México, aunque también de los acarreo que producían las corrientes montañosas, principalmente las de las sierras de Las Cruces y de Río Frío.

El relieve acumulativo fluvial no tiene una expresión significativa en la región de montaña del sur de la Cuenca de México, sólo se reconoce por formas muy locales condicionadas por el volcanismo joven, o por obras de ingeniería como las presas.

Finalmente existen formas de relieve creadas por el hombre, las cuales son excavaciones a cielo abierto para la extracción de arena al occidente de la Ciudad de México, con dimensiones de 2.0 a 2.5 km por hasta 600 m de amplitud. Ello representa una ampliación de barrancos, dando como resultado un relieve antrópico.

A grandes rasgos se puede decir que la roca ígnea extrusiva, cubre más de las tres quintas partes de la superficie del Distrito Federal. Estos afloramientos corresponden a dos periodos diferentes de la Era del Cenozoico (63 millones de años aproximadamente); el más reciente



es el Periodo Cuaternario, con afloramientos rocosos ígneos extrusivos y suelo, ubicados el primero, de la parte central hacia el sur y el segundo, en la zona norte. El Periodo Terciario se caracteriza por los afloramientos de rocas ígneas extrusivas; sus principales unidades litológicas se localizan al oeste y este del territorio Distrital.

En la Figura 1.1 se ilustran las condiciones geológicas del Distrito Federal.



Figura 1.1 .- Condiciones geológicas del Distrito Federal (Fuente: INEGI)

El hundimiento de la Ciudad de México, por otra parte, es un fenómeno que se ha producido principalmente por la extracción de agua del subsuelo y las grandes construcciones. Por esta alteración se presenta remoción subterránea de partículas por las aguas subsuperficiales, produciendo asentamientos por colapso y microsismos. Esto se debe a compactación o asentamientos del subsuelo donde el fenómeno de hundimiento del terreno



se presenta acompañado de la compactación de suelos arcillosos, especialmente en el suroriente de la Ciudad.

Las actividades humanas han alterado de manera importante la dinámica original de la región. Por ejemplo, el impedimento de la infiltración natural de las aguas de lluvia por la plancha de asfalto de la Ciudad de México, ha evitado la recarga natural del acuífero. El incremento de la temperatura por la contaminación, también ha hecho retroceder la línea de las nieves permanentes y el crecimiento de barrancos causado por la deforestación ha acelerado la erosión y la sedimentación, que son otras de las modificaciones reconocibles en los terrenos de la zona.

Las condiciones edafológicas son muy variadas, encontrándose suelos orgánicos y minerales, con espesores que varían de menos de 50 cm a más de 200 cm, con texturas francas y franco-arenosas en lomeríos, franco-arcilloso-arenosos y franco-arcillo-limosos en planicies lacustres, y areno-francas en valles intermontanos, entre otros. De igual forma es variable el grado de desarrollo y el material sobre el que descansan, el cual incluye rocas basálticas, andesíticas, riolíticas y arenas fragmentadas, hasta sedimentos lacustres aluviales, orgánicos y minerales.

El territorio de la Delegación Tlalpan en su mayoría es rocoso, destacan las numerosas estructuras volcánicas que dan un toque singular al panorama de esta región. La máxima altitud es de 3930 metros y corresponde al Cerro de la Cruz del Marqués y la mínima de 2260 metros encontrándose en los alrededores del cruce de las Avenidas Anillo Periférico y Viaducto Tlalpan.

1.1.2 Microclima

El Distrito Federal se encuentra en la zona intertropical, en la que por latitud la temperatura es alta, sin embargo, esa condición es modificada por la altitud y el relieve, de esta manera, 57% del territorio de esa entidad presenta clima *templado*, 33% climas *semifríos* y 10% clima *semiseco*.

Del norte hacia el noroeste, centro, centrosur y este, se distribuye el clima templado subhúmedo con lluvias en verano. Esta extensa zona tiene una altitud que va de 2 250 m en Iztapalapa a 2 900 m en la Sierra de Guadalupe, en las laderas orientales de la Sierra de las Cruces y en las laderas boreales de la Sierra Ajusco-Chichinautzin; en ella, la temperatura media anual varía de 12°C en las partes más altas a 18°C en las de menor altitud; en ese mismo orden, la precipitación total anual va de 1 000 a 600 mm y el periodo en que se concentra la lluvia es el verano.

El clima semifrío subhúmedo con lluvias en verano se localiza bordeando por el sur la zona antes descrita. Se muestra como una franja orientada noroeste-sureste y comprende los terrenos de mayor altitud (de 2 900 m hacia arriba) en las sierras de Las Cruces y Ajusco-Chichinautzin. Su temperatura media anual llega a 12°C en las partes más bajas de la zona y a 5°C en las cimas de las sierras; la precipitación total anual va de 1 000 a 1 500 mm .



En los terrenos cercanos a los límites suroeste y sur del Distrito Federal se presenta el clima semifrío húmedo con abundantes lluvias en verano. Este cubre 10% de la superficie de la entidad en las vertientes occidental y sur de los cerros La Cruz del Marqués (Ajusco) y Pelado, y el Volcán Chichinautzin. La temperatura media anual varía dentro del mismo rango del clima semifrío subhúmedo, pero la precipitación total anual es un poco mayor; pues va de 1 200 a más de 1,500 mm .

La zona menos húmeda está situada en los alrededores del Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México y hacia el norte del mismo aeropuerto; pertenece al clima semiseco templado con lluvias en verano, que tiene como características distintivas en estos lugares un rango de temperatura media anual de 14° a 18°C y una precipitación total anual de 500 a 600 mm. Esta distribución de climas se muestra ilustrada en la Figura 1.2:



Figura 1.2.- Distribución de climas en el Distrito Federal (Fuente: INEGI)



Por su posición geográfica y topografía particular, la Cuenca de México se ve afectada por sistemas de circulación atmosférica que definen claramente dos épocas: la húmeda (junio a octubre inclusive) y la seca (abril a mayo), siendo abril el mes más seco y mayo el mes para el inicio de las lluvias.

Las lluvias son principalmente del tipo orográfico (debido al relieve abrupto), convectivo y frontal. Los dos primeros se combinan perfectamente en el verano, en tanto que el tercero es característico del invierno, ya que tiene sus orígenes en las masas de aire polar que se desplazan desde el sur de Canadá y Estados Unidos, provocando muy poca precipitación y ocasionalmente algunas heladas y nevadas en las sierras que limitan la cuenca. La mayor cantidad de precipitación (más de 1200 mm) se recibe en el oeste y sureste, es decir, sobre las sierras de Las Cruces y del Ajusco y sobre la Sierra Nevada (Ezcurra, 1995).

Actualmente, la delegación Tlalpan tiene registrados en la Carta de Climas del INEGI, 5 tipos o subtipos de climas: el 32.32% de la superficie delegacional, tiene clima templado subhúmedo con lluvias en verano, de mayor humedad; el 6.39% registra clima templado subhúmedo con lluvias en verano, de humedad media; el 0.33% tiene una temperatura templada subhúmeda con lluvias en verano, de menor humedad; el clima semifrío húmedo con abundantes lluvias en verano se registra en 17.17% del área delegacional, y por último, en el 43.79% de la región, se registra un clima semifrío subhúmedo con lluvias en verano, de mayor humedad.

Con relación a estos parámetros de temperatura y precipitación, el clima varía de templado subhúmedo, en la porción norte, a semifrío conforme aumenta la altitud; hasta tornarse semifrío húmedo en las partes más altas.

Asimismo, las temperaturas medias anuales, en las partes más bajas de la demarcación Tlalpense oscilan entre 10°C y 12°C, mientras que en las regiones con mayor altitud son inferiores a los 8° C.

La precipitación total anual varía de 1,000 a 1,500 milímetros; registrándose en la región sur la mayor cantidad de humedad. Los meses de más elevadas temperaturas son: abril y mayo; los de mayor precipitación son de: julio a septiembre.

1.1.3 Hidrología

La Región Hidrológica denominada Pánuco, es la que ocupa la mayor parte del territorio del Distrito Federal (94.9%), incluye sólo la Cuenca R. Moctezuma, y abarca toda el área de la Ciudad de México. En esta cuenca se localizan ríos tales como Los Remedios, Tacubaya, Mixcoac, Churubusco, Consulado, etc., estando los tres últimos entubados, así como los canales Chalco, Apatlaco y Cuemanco, entre otros; además, se encuentra el lago Xochimilco y los lagos artificiales de San Juan de Aragón y Chapultepec; cabe señalar que todas las corrientes y cuerpos de agua mencionados están inmersos en la mancha urbana. Por otra parte, porciones de la Región Hidrológica del Balsas, se presentan al sur y suroeste del



Distrito Federal, que incluye sólo la Cuenca R. Balsas-Mezcala, aquí se encuentran los ríos Agua de Lobo y El Zorrillo. La Región Hidrológica Lerma-Santiago, se presenta únicamente en dos pequeñas zonas al oeste del Distrito Federal, las cuales pertenecen a la Cuenca R. Lerma-Toluca, estando ausentes corrientes y cuerpos de agua importantes. En la figura 1.3 se ilustran las diferentes regiones hidrológicas.



Figura 1.3.- Regiones hidrológicas del Distrito Federal (Fuente: INEGI)

Tlalpan cuenta con regiones, cuencas y subcuencas que le abastecen de agua. La red hidrográfica de este lugar la conforman arroyos de carácter intermitente, que por lo general, recorren trayectos cortos para perderse en las áreas con mayor grado de permeabilidad.



Actualmente existen los cauces de lo que fueron ríos de caudal importante, como el San Buenaventura y San Juan de Dios. La fuente nutriente del primero, corre de oeste a este y desemboca en el lago de Xochimilco, por Tomatlán y enfila a la Ciudad de México con el nombre del canal de la Viga. El segundo, va de sur a norte y se le une un río afluente que desciende del Pedregal del Xitle.

Cerca del pueblo de Parres, pasa el río del mismo nombre, el cual tiene su nacimiento en la estribación del Cerro Caldera El Guarda, al cual se le unen las corrientes de lluvia del Cerro Oyameyo, desembocando finalmente, en la Presa de San Lucas Xochimanca, Xochimilco.

Cabe subrayar la importancia del río Eslava, como límite natural para las Delegaciones Tlalpan y Magdalena Contreras, tiene cauce fijo y su caudal es intermitente.

1.2 Medio biológico del Distrito Federal y de la Delegación Tlalpan

1.2.1 Flora

Aproximadamente 62% del territorio que abarca el Distrito Federal está ocupado por la zona urbana, la porción restante presenta vegetación de bosque, pastizal y en buena proporción se dedica a la agricultura.

Los bosques de coníferas y encinos son los tipos de vegetación que comúnmente cubren las sierras volcánicas que flanquean desde el oeste y hasta el sur, al valle de México; en varios lugares los bosques están conformados por poblaciones casi puras de pinos y en otros, generalmente a menores altitudes, la dominancia es del encino. En algunos sitios donde la sierra presenta rangos altitudinales significativos (superiores a 2400 msnm), sobre todo en laderas y cañadas húmedas protegidas de la intensa radiación solar y de los fuertes vientos, se desarrollan bosques de oyamel muy característicos y de singular belleza. Casi la totalidad de los bosques de estas regiones presentan diversos grados de disturbio y gran parte de la superficie original es ahora zona urbana. La alta densidad demográfica ejerce una fuerte presión sobre estos recursos, principalmente para la extracción de madera, abrir espacios a la urbanización, agricultura o bien inducir pastizales, los cuales soportan la actividad del ganado bovino y ovino.

En cuanto a los pastizales, se puede distinguir entre pastizales inducidos, subalpinos y alpinos, en donde predominan las gramíneas amacolladas a partir de los 2250 y hasta los 4300 msnm. Los pastizales inducidos son característicos de zonas deforestadas de climas fríos y secos. Generalmente la vegetación es secundaria. El único estrato es el herbáceo. El zacatonal alpino se distribuye de los 3500 a los 3900 msnm. Otro tipo de pastizal importante es el halófilo, el cual es característico de suelos con alto contenido de sales solubles y puede asumir formas diversas, florística, fisionómica y ecológicamente muy disímiles, ya que pueden dominar formas herbáceas, arbustivas y aún arbóreas. En este tipo de vegetación se incluyen las comunidades que habitan suelos alcalinos y mal drenados de los fondos de los antiguos lagos, como pastizales localizados entre los 2250 y 2400 msnm .



La zonas agrícolas se localizan hacia la parte sur y sureste del Distrito Federal, en terrenos apropiados para llevar a cabo estas actividades, la mayor parte de ellos sustentan agricultura de temporal, pero existen también zonas beneficiadas con el riego; se produce principalmente maíz, frijol, chile, avena, haba y nopal. Las hortalizas y floricultura son importantes en la zona de Xochimilco.

En cuanto a la Delegación Tlalpan, la zona media del Ajusco es considerada como una de las áreas florísticas más ricas de la Cuenca de México. Cuenta con cerca de 1,000 especies de plantas identificadas, en sólo 80 km² de superficie. Los tipos de vegetación de la zona media del Ajusco han sido resumidos dentro de las siguientes categorías:

Matorral subtropical, matorral desértico: ocupa las partes bajas hasta los 2,500 msnm, formando un ecotono con el matorral templado esclerófilo. Se caracteriza por la presencia de "palo bobo", palo dulce, sena y una gran variedad de elementos arbustivos y herbáceos. Es una comunidad que presenta un número importante de endemismo. Se estima que esta asociación vegetal incluye más de 319 especies diferentes.

Matorral templado esclerófilo, matorral desértico: Este matorral es típico de las zonas ecotónicas árido subhúmedas, se extiende desde California hasta Chiapas en forma aislada y se le conoce como chaparral. La especie dominante es el encino, que en condiciones de suelos profundos desarrolla una falla de hasta 20 metros; pero al ocurrir sobre lava sólo logra el tamaño de un arbusto de 3 metros. Esta comunidad aporta 155 del total de las especies registradas para la zona. La vegetación del pedregal se constituye principalmente por el llamado palo Loco, el cual es una variedad de matorral heterogéneo con diferencias en su composición floral. También se encuentra pirul y encino de varias especies duras. Le sigue el pino, al sur y sureste del Xitle y en las regiones altas del Ajusco. Por último se dan variedades de ocote, jacalote, oyamel y aile.

Bosque de coníferas y bosques mixtos: La vegetación de la región montañosa es principalmente de bosque de coníferas (bosque de oyamel y pino) y bosques mixtos de pino-encino; además de la presencia de especies como el madroño, cuchara y huejote. En las cimas de las montañas junto a pinos y oyameles, crece una amplia variedad de helechos y musgos. La superficie del suelo de las regiones donde crece el pino, se forma una cubierta herbácea nutrida que defiende al suelo de la erosión. Además, crece el zacate grueso, zacatón de cola de ratón, zacayumaque, zacate blanco, pasto de escoba y pasto amarillo. Dentro de los matorrales está presente la jarilla verde, limoncillo, zarzal, escoba o perilla, chia, hediendilla y mejorana.

1.2.2 Fauna

Existe un delicado equilibrio entre todos los organismos, tanto vegetales como animales, de un ecosistema. La expansión de la mancha urbana hacia el Suelo de Conservación ha desencadenado una serie de procesos que afectan principalmente a la vegetación del lugar, lo que repercute en la destrucción del hábitat de muchas especies, de tal manera que la mayoría



de ellas se ven condenadas a la migración o incluso a la extinción, mientras que otras pocas, al perderse los mecanismos de control, se reproducen de forma exagerada hasta convertirse en plagas.

Los anfibios son uno de los grupos de menor tolerancia a los cambios ambientales, dado que las condiciones para su permanencia en un hábitat son sumamente restringidas. En virtud de lo anterior, se considera a los anfibios como especies indicadoras de condiciones ambientales estables y, por el contrario, su declinación poblacional en un área es un indicador de alteración ambiental.

Los reptiles, en cambio, presentan una mayor versatilidad para responder a los cambios ambientales, lo que les permite permanecer en un área aun bajo condiciones de alteración severas. No obstante, algunas especies tienen también regímenes ambientales estrictos.

La presión actual sobre las áreas naturales de la región, sin embargo, ha puesto en riesgo una gran cantidad de especies, llegando inclusive a restringir su distribución natural y a reducir sus poblaciones a números críticos. Al crecimiento demográfico se añade la captura ilegal de algunos anfibios y reptiles con fines comerciales, medicinales o alimenticios por parte de la población humana, además del infundado temor a los reptiles, que ocasiona su eliminación cerca de sitios habitados.

El impacto de las actividades humanas sobre la distribución y abundancia de las especies no ha podido ser evaluado en su totalidad. Muchas especies han sido seriamente afectadas por las consecuencias del desarrollo urbano y la agricultura. Otras especies han tolerado inclusive las condiciones totalmente urbanas, como la lagartija de jardín común.

En cuanto al grupo de anfibios, se distinguen el ajolote de Zempoala y el ajolote de arroyo, especies endémicas que habitan en pequeños cuerpos de agua de los cerros del Ajusco y del Desierto de los Leones. Ambas se encuentran amenazadas por contaminación y pérdida de su hábitat.

Particularmente en la región de montaña del sur de la Cuenca de México se dan las condiciones apropiadas para la supervivencia de más de 200 especies de aves silvestres, donde los diversos ambientes y composiciones florísticas determinan la abundancia y distribución de ellas. Se distinguen grupos con funciones específicas en su hábitat. Así, el grupo de las aves rapaces diurnas (halcones y aguilillas) y nocturnas (búhos y lechuzas) son reguladoras de las poblaciones de roedores y lagomorfos (conejos) al depredarlos constantemente. Otro grupo importante lo forman las aves insectívoras que, dependiendo del lugar en que se encuentren los insectos y la manera de capturarlos, pueden colectarlos al vuelo (en el aire), en el follaje de la vegetación, en la corteza de los arbustos y árboles o también en el suelo. Estos grupos de aves regulan de manera importante las poblaciones de sus presas y coadyuvan al control de las plagas. El grupo de las aves nectarívoras (colibríes) cumple la importante misión de polinizar aquellos tipos de plantas con las que se encuentran estrechamente relacionadas. El grupo de las aves que incluyen en su dieta frutos y semillas son responsables de la dispersión o propagación de ciertos tipos de plantas. Es importante mencionar que frecuentemente las aves incluyen diversos tipos de alimentos complementarios a sus dietas básicas, como las que se alimentan de una variedad de plantas y



animales. A su vez, las aves son parte importante de la dieta de otros animales como las víboras, zorrillos, lince, y cacomixtles. Por todo ello es que la mayoría de los autores concuerdan en que las aves juegan un papel importante en el funcionamiento de los ecosistemas.

Se han encontrado 211 especies de aves para la región de montaña del sur de la Cuenca de México. Considerando sólo 195 por haber sido recientemente registradas las restantes 16, se reconocieron 11 órdenes, 33 familias y 128 géneros.

En el Suelo de Conservación del Distrito Federal, las zonas avifaunísticas importantes son los bosques templados de la Delegación Milpa Alta; en la Delegación Tlalpan se localizan zonas de alta riqueza de aves como La Cima al sur del poblado Parres, la Reserva Forestal del Volcán Pelado y el Parque Nacional Cumbres del Ajusco. En la Delegación Cuajimalpa el Parque Cultural y Recreativo Desierto de los Leones y en la Delegación Magdalena Contreras la Cañada de Contreras, los Dinamos y los bosques ejidales de San Nicolás Totolapan.

En la región de montaña del sur de la Cuenca de México se encuentran aves con serios riesgos de sobrevivencia, ya que enfrentan presiones por destrucción y diversos tipos de modificación a su hábitat, como son la tala mal planeada y clandestina, el pastoreo, los incendios y la urbanización, entre otros.

De acuerdo con la NOM-059-ECOL-1994, existen siete especies que se encuentran bajo la categoría de Amenazadas, seis son consideradas Raras, dos se encuentran bajo Protección Especial y una especie, el gorrión serrano (*Xenospiza bailey*), y la subespecie de la codorniz de moctezuma (*Cyrtonyx montezumae merriami*) se encuentran catalogadas en Peligro de Extinción. Estas especies que se encuentran en números poblacionales bajos y con riesgo de desaparecer en poco tiempo, dependen del mosaico ambiental existente en esta zona montañosa para reproducirse, alimentarse y en general para sobrevivir, por lo que deben ser consideradas prioritarias para la conservación de la región.

En la actualidad se detectan al menos tres aspectos que influyen notablemente en la distribución y abundancia de las especies de aves de cualquier lugar: la contaminación en la tierra, agua o aire; el comercio y tráfico de especies silvestres; y la destrucción y fragmentación de su hábitat. La desaparición de los ambientes naturales es el aspecto más alarmante por los efectos nocivos que se alcanzan tanto a niveles locales y regionales globalmente en la biosfera.

La destrucción y fragmentación del hábitat es, para toda la vida silvestre, la principal causa en los decrementos poblacionales y pérdida de especies. A escala regional, como es el caso de los bosques del sur de la Cuenca de México, se ha generado un escenario de bosques aislados (a manera de archipiélago) y un mosaico de ambientes transformados por las diversas actividades humanas que aquí se realizan, donde sobresalen las áreas de cultivo y pastoreo, los poblados, las carreteras y caminos principales, entre otros. Este escenario afecta de diversas maneras a las distintas especies de aves, ya que para aquellas de vida terrestre, caminadoras, con poca habilidad para volar (por ejemplo, el caso de la gallina de monte y la



codorniz de moctezuma), la creación de una discontinuidad (un campo de cultivo extenso o un camino) representa una importante barrera que no puede cruzar, originándose así procesos de aislamiento que traen consigo la disminución de la viabilidad reproductiva de las poblaciones, la desaparición local de las especies y eventualmente la extinción.

Desde una perspectiva ecológica, los mamíferos son muy importantes en las comunidades donde habitan. Existen especies de plantas que para su reproducción dependen de procesos de polinización, tarea que en algunos casos depende exclusivamente de mamíferos (murciélagos principalmente). Los mamíferos también juegan un papel fundamental como especies dispersoras de semillas, ya que muchas de éstas al pasar por el tracto digestivo de algún mamífero desinhiben el estado de latencia y son excretadas en condiciones adecuadas para su germinación (como coyotes y zorras). Existen otras especies de mamíferos que se alimentan principalmente de insectos y otros invertebrados, consumiéndolos en grandes cantidades (como zorrillos, tejones y mapaches). Muchos de estos invertebrados representan un peligro potencial para la agricultura, y sin la presencia de sus depredadores naturales podrían convertirse en plagas.

Mamíferos menos visibles como las tuzas ayudan con sus túneles y madrigueras a la aireación del suelo, y por sus hábitos también las hay reguladoras del crecimiento y distribución de plantas, de poblaciones de vertebrados e incluso de plagas potenciales. Otro punto que resalta la importancia de los mamíferos es el lugar que ocupan en el ecosistema, no solamente como reguladores de otros organismos, sino también de poblaciones de su misma especie, es decir, como los demás que forman parte de los eslabones de las cadenas tróficas tanto como depredadores como presas. Este aspecto es de vital importancia, ya que sin abundantes poblaciones de herbívoros, como ratones y conejos, sería casi imposible que existieran los carnívoros como el lince y el coyote. Por todo ello es importante el papel que tienen los mamíferos en la regulación y funcionamiento de los ecosistemas, lo que trae como consecuencia grandes beneficios a costos ínfimos para el humano.

Los mamíferos de la región enfrentan problemas de diversa índole y origen. En principio están los problemas que tienen consecuencias irreversibles, como es el caso de la destrucción de su hábitat a causa de diversos procesos, principalmente de urbanización. De continuar este proceso al ritmo y condiciones de los últimos 40 años, el futuro de muchos mamíferos y en general la biodiversidad de esta zona será desalentador. El cambio de uso de suelo de agroforestal a urbano es incompatible con la biodiversidad y en este caso, de manera particular, con la sobrevivencia de los mamíferos nativos del lugar. En segundo lugar están los problemas cuyas consecuencias provocan la transformación del hábitat, la fragmentación y la descomposición de especies, pero que ocasionalmente pueden ser reversibles bajo un ordenamiento ecológico, programas de restauración ecológica (y no solamente de reforestación), vigilancia estricta, así como un manejo adecuado. En tercer lugar aparecen los problemas derivados de diversas actividades mal planificadas que provocan indirectamente la afectación de poblaciones de distintas especies, ya sea originando un crecimiento desmedido de unas cuantas o más frecuentemente la disminución de muchas de ellas sin llegar a la desaparición.



Entre los mamíferos de la región que han sido principalmente afectados por las actividades mencionadas, se encuentra el conejo zacatuche (*Romerolagus diazi*) al grado que a nivel específico está en inminente peligro de extinción. Resultados de diversos estudios permiten demostrar el impacto que la mayoría de estas actividades han ocasionado sobre la pérdida y calidad del hábitat, reducción del tamaño de las poblaciones, fragmentación del área de distribución y sus efectos directos sobre las estructuras sociales y reproductivas de las colonias establecidas de esta especie. Así por ejemplo, la expansión incontrolada de la Ciudad de México hacia el sur del DF y de los cascos urbanos rurales, o la apertura de nuevos caminos para el tránsito local de vehículos motorizados y la construcción de carreteras pavimentadas y autopistas de alta velocidad, han provocado irreversiblemente la desaparición de extensas áreas boscosas de alta calidad para ésta y muchas otras especies. Aunado a ello, las áreas agrícolas y pecuarias se han visto invadidas y desplazadas conforme avanza dicho desarrollo urbano, provocando la apertura de nuevas áreas para el cultivo en terrenos predominantemente de uso forestal. Este fenómeno se ha visto incrementado exponencialmente durante los últimos cuarenta años, y el efecto provocado ha sido la pérdida irreversible de hábitat tanto del conejo zacatuche como de todas las demás especies de flora y fauna silvestres que habitan en la región. En adición al proceso de destrucción de estos hábitat naturales provocado por las actividades humanas mencionadas, deben considerarse otros aspectos, como la extracción de roca volcánica y de gramíneas o pastos amacollados.

A medida que los factores de perturbación se extienden en diversas áreas de la región, se ha provocado que las poblaciones de conejo zacatuche tiendan a restringirse a sitios altos y poco accesibles de los volcanes en que se distribuye. Este mismo proceso de insularización y patrón de aislamiento restringido se lleva a cabo también con otras especies; el tlalcoyote (*Taxidea taxus*) prácticamente ha quedado restringido en la Delegación Milpa Alta en el Distrito Federal limitado exclusivamente al Valle de la Vía entre los poblados de Milpa Alta al norte, el Volcán Chichinautzin al sur, el Volcán Tláloc al este, y la autopista México – Cuernavaca al oeste, siendo ésta la población más sureña de toda la distribución geográfica de la especie.

Se estima que las tierras forestales de Tlalpan, constituyen uno de los últimos refugios de fauna silvestre del Distrito Federal y de acuerdo con la Comisión Nacional de Biodiversidad, se encuentran en algún estado de riesgo, debido a la alteración que han sufrido los ecosistemas por la expansión de la mancha urbana y la caza ilegal.

Así, entre las especies reportadas en peligro de extinción, se encuentran: el conejo teporingo, armadillo, palomillas huilotas, venado cola blanca, coyote, gato montés, paloma de alas blancas y varias especies de serpientes.

La Universidad Nacional Autónoma de México y el Consejo Nacional para la Fauna, realizaron estudios técnicos para la reproducción de especies nativas de la zona, especialmente del teporingo, ardillas, tlacuaches, conejo de castilla, zorrillos; variedades de aves como el águila, gorrión, alondra y pájaro carpintero; mariposas e insectos y algunos reptiles como coralillos o serpientes de cascabel, esto sobre todo en las cañadas del Ajusco.



1.3 Medio socioeconómico del Distrito Federal y de la Delegación Tlalpan

1.3.1 Uso de suelo

Las categorías que un territorio debe tener de acuerdo con la función que el suelo posee en el entorno y el desarrollo urbano, según la Secretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda (Seduvi), son: **Suelo urbano**; reglamenta los sitios en donde se puede desarrollar vivienda, industria, equipamiento urbano, áreas verdes y de esparcimiento. **Suelo de Conservación**; prevé el mantenimiento y recuperación de zonas en donde se logra la recarga de agua, la producción de oxígeno y la captura de carbono. **Comunidades y poblados rurales**; plantea mantener el equilibrio entre las necesidades habitacionales de las comunidades rurales con el mantenimiento de espacios ambientales. Las categorías se subdividen como sigue:

Suelo urbano: H- *Habitacional*; HM- *Habitacional mixto*; I- *Industria*; HC- *Habitacional con comercio*; HO- *Habitacional con oficinas*; CB- *Centro de barrio*; E- *Equipamiento*; EA- *Espacios abiertos* (deportivos, parques, plazas y jardines); AV- *Áreas verdes de valor ambiental* (bosques, barrancas, zonas verdes).

Suelo de Conservación: RE- *Rescate ecológico*; PRA- *Producción forestal agroindustrial*; PE- *Preservación ecológica*.

Comunidades y poblados rurales: HRB- *Habitacional rural de baja densidad*; HR- *Habitacional rural*; HRC- *Habitacional rural con comercio y servicios*; ER- *Equipamiento rural*.

El Programa Parcial de Desarrollo Urbano del Distrito Federal define las intensidades de uso de suelo por el número de niveles permitidos en las construcciones, los cuales pueden ser de uno, dos, tres, cuatro, cinco y más niveles; y el porcentaje del terreno que debe dejarse libre de construcción puede ser 30, 40, 60, 70% o más (Bazant, 2001). Algunos ejemplos de nomenclatura para determinar el uso del suelo en el Distrito Federal son:

HC 5/50: Habitacional y comercial, inmueble de 5 niveles, con 50% de área libre de construcción.

H 3/50: Habitacional, inmueble de 3 niveles, con 50% de área libre de construcción.

La porción más grande de Suelo de Conservación abarca una superficie de 87204 ha; se extiende por las sierras del Chichinautzin, de las Cruces y del Ajusco, el Cerro de la Estrella y la Sierra de Santa Catarina, así como por las planicies lacustres de Xochimilco–Tláhuac y Chalco. Una porción pequeña del Suelo de Conservación (1 238 ha), se localiza al norte del DF, en la Sierra de Guadalupe y el Cerro del Tepeyac.

Las delegaciones Milpa Alta, Tlalpan y Xochimilco ocupan casi dos tercios de la superficie total del Suelo de Conservación. En el cuadro 1.1 se muestra una relación de la superficie del Suelo de Conservación en las diferentes delegaciones del D.F., así como los porcentajes que representa tanto para la Delegación como para el total.

**Cuadro 1.1.- Distribución porcentual de la superficie del Suelo de Conservación del DF**

Delegación	Superficie, en ha		Porcentaje de Suelo de Conservación	
	De la Delegación	Declarada como Suelo de Conservación	Con relación al territorio de la Delegación	Con relación al área total declarada
Álvaro Obregón	8850	2735	30.9	3.1
Cuajimalpa	8101	6593	81.4	7.5
Gustavo A. Madero	8729	1238	14.2	1.4
Iztapalapa	11605	1218	10.5	1.4
Magdalena Contreras	6609	5199	78.7	5.8
Milpa Alta	28464	28464	100.0	32.1
Tláhuac	8321	6405	77.0	7.2
Tlalpan	30870	26077	84.5	29.4
Xochimilco	12836	10532	82.0	11.9
Total	124686	88442		100.0

Fuente: *Asentamientos Irregulares en el Suelo de Conservación del DF*, Procuraduría Ambiental y del Ordenamiento Territorial del DF, México, 2003

En el Suelo de Conservación de la Delegación Tlalpan se producen bienes y servicios ambientales vitales para la Ciudad de México y cuenta con bellezas escénicas que dan la posibilidad de esparcimiento para la población urbana. De acuerdo al Programa General de Ordenamiento Ecológico del Distrito Federal, su importancia se debe a tres factores: Ambiental, ya que contiene elementos básicos para el mantenimiento del ciclo de agua y otros no menos importantes, como son los bioquímicos, la estabilización del suelo, la captura de CO₂, así como la retención de partículas de polvo, producto de la contaminación y de incendios forestales; Biológica, por tener registrada una de las riquezas de especies más relevantes del país y de especies representativas por su endemismo; Socioeconómica, al contar con importantes extensiones que son fuente de productos de subsistencia utilizados por la población que habita las zonas rurales del DF y constituyen la base del desarrollo de los diferentes pueblos, ejidos y comunidades; asimismo, son fuente de suministro de materias primas y constituyen sitios con aptitud para el turismo y la recreación.

Tlalpan, es la segunda Delegación en superficie de Suelo de Conservación en el DF, ligeramente atrás de Milpa Alta. Además, se encuentran tres Áreas Naturales Protegidas: las Cumbres del Ajusco, el Parque Ecológico de la Ciudad de México, y una pequeña superficie del Corredor Biológico Chichinautzin, ubicado este último en los estados de México y Morelos; y por sus tierras pasan los arroyos Santiago, San Buenaventura, Regaderas Viborillas, Zorrillo y Ocopiaco, por lo que la Delegación es considerada una zona de gran importancia para la recarga del manto acuífero de la Ciudad de México.

La estrategia del Programa Parcial de Desarrollo de los poblados localizados en el Área de Conservación Ecológica (hoy llamado Suelo de Conservación) de 1982, consideraba necesario controlar la densificación que, suponía, tiende a conformar asentamientos irregulares. Para ello proponía reforzar las estructuras físico-espaciales de tipo rural y la economía regional, haciéndola cada vez menos dependiente de la zona urbana, a través de generar un nivel de ingreso estable estimulando una producción agropecuaria constante y la comercialización resultante de los cultivos de trigo y cebada, así como de la cría de ganado mular, ovino, caprino y vacuno, a través de cooperativas, con lo cual asumía que los suelos agrícolas y pecuarios serían más rentables frente a la presión de la mancha urbana metropolitana.



Además, estimaba indispensable racionalizar la explotación forestal y llevar a cabo programas para la conservación y enriquecimiento de los suelos.

El Programa precisaba que la Delegación Tlalpan debía ser protegida y apoyada en los proyectos técnicamente factibles debido a que es la zona del DF con mayor potencial agropecuario, forestal y de recursos naturales.

Los Programas Parciales de Desarrollo de los poblados localizados en el Área de Conservación Ecológica (actualmente denominada Suelo de Conservación) promulgados en 1987 prohibían las siguientes acciones:

- Construcción de ejes viales y conjuntos habitacionales.
- Afectación a predios y construcciones.
- Afectación a edificios, plazas y espacios públicos.
- Destrucción de zonas agrícolas y forestales.
- Ocupación de cañadas y barrancas.

Además, los Programas disponían la conservación de: costumbres, tradiciones y hábitos del poblado; calles actuales y sus anchos; edificios, imagen y características propias del poblado; la propiedad ejidal, comunal y privada.; las áreas de cultivo y los bosques.

Por otra parte, proponían usos del suelo que no afectaran al régimen de tenencia de la tierra; zonas convenientes para el crecimiento futuro de las familias que ahí habitan; áreas recomendables para escuelas, clínicas, comercio y otros servicios necesarios en predios que la comunidad determine; áreas agrícolas con posibilidad de vivienda; regularización de las construcciones y elaboración de un reglamento especial, diferente al de la Ciudad, para que el poblado protegiera sus características.

1.3.2 Población

Para caracterizar a la población del Distrito Federal, se presentarán diferentes tablas que ilustran parámetros generales. En el cuadro 1.2 se muestra la población total en diferentes periodos:

Cuadro 1.2.- Variación de la población total en el Distrito Federal

Año	Población total			Hombres (%)	Mujeres (%)
	Total	Participación en el total nacional (%)	Lugar nacional		
1930	1 229 576	7.4	2°	45.5	54.5
1940	1 757 530	8.9	1°	45.9	54.1
1950	3 050 442	11.8	1°	46.5	53.5
1960	4 870 876	13.9	1°	47.8	52.2



1970	6 874 165	14.3	1°	48.3	51.7
1980	8 831 079	13.2	1°	48	52
1990	8 235 744	10.1	2°	47.8	52.2
1995	8 489 007	9.3	2°	48	52
2000	8 605 239	8.8	2°	47.8	52.2
2005	8 720 916	8.4	2°	47.8	52.2

NOTA: Cifras correspondientes a las siguientes fechas censales: 15 de mayo (1930); 6 de marzo (1940); 6 de junio (1950); 8 de junio (1960); 28 de enero (1970); 4 de junio (1980); 12 de marzo (1990); 5 de noviembre (1995); 14 de febrero (2000) y 17 de octubre (2005)

FUENTE: [INEGI. Censos de Población y Vivienda, 1930 a 2000.](#)
INEGI. Censos de Población y Vivienda, 1995 y 2005..

En el cuadro 1.3 se muestran diferentes características generales de la población del Distrito Federal, que ayudarán a situar a la Ciudad en relación con los estados del país.

Cuadro 1.3.- Características generales de la población del Distrito Federal

Concepto	Año	<u>Nacional</u> <i>a</i>	Entidad	Lugar nacional
Edad mediana (Años)	2005	24	29	1°
<u>Relación hombres - mujeres</u> <i>b</i>	2005	94.8	91.7	29°
Tasa global de fecundidad	2006	2.2	1.7	32°
Tasa bruta de natalidad (número de nacidos vivos por mil habitantes)	2006	19	14.8	32°
Promedio de hijos nacidos vivos por mujer (de 12 y más años de edad)	2005	2.5	2	32°
Esperanza de vida	2006	74.8	75.8	2°
Migrantes internacionales (porcentaje respecto a la población residente)	2005	0.3	0.3	20°
<u>Tiempo de duplicación (años)</u> <i>c</i>	2000	44	219	3°
Tasa bruta de nupcialidad (número de matrimonios por mil habitantes)	2005	5.7	5.1	25°
Relación divorcios - matrimonios (número de divorcios por cien matrimonios)	2005	11.8	15.9	9°
Hogares con jefatura femenina (porcentaje respecto al total de hogares)	2005	23.1	28.9	1°
<u>Población con derechohabencia a servicio médico (%)</u> <i>d</i>	2005	46.9	53.6	14°
Relación de dependencia	2005	66.1	52.2	32°



Tasa bruta de mortalidad (número de defunciones por mil habitantes) en un año	2006	4.8	5.3	6°
Tasa de mortalidad fetal e	2005	9.5	16.6	1°
Tasa de mortalidad infantil	2006	16.2	12.1	31°
Índice de sobremortalidad masculina f	2005	122.9	104	32°
<i>a</i>	Para los indicadores de mortalidad se excluyen los datos de las defunciones registradas en el extranjero.			
<i>b</i>	Este indicador se denominaba anteriormente Índice de masculinidad y denota el número de hombres por cada cien mujeres en una población.			
<i>c</i>	Indica el número de años que tardaría la población en duplicarse conforme a la tasa media de crecimiento anual 1995 - 2000.			
<i>d</i>	Porcentaje en relación al total de la población a nivel nacional y en cada entidad federativa. Se refiere a la población en hogares con derechohabencia al Instituto Mexicano del Seguro Social, al Instituto de Seguridad y Servicios Sociales para los Traba			
<i>e</i>	Es la relación entre las defunciones fetales y el número de nacidos vivos registrados, expresada por mil.			
<i>f</i>	Es la relación entre las defunciones masculinas y las defunciones femeninas registradas, por cien.			
FUENTE:	Para los conceptos Edad mediana, Relación hombres - mujeres, Promedio de hijos nacidos vivos, Migrantes internacionales, Hogares con jefatura femenina, Población con derechohabencia a servicio médico y Relación de dependencia: INEGI. Estadísticas de Nupcialidad. y Estadíst Para el concepto Tiempo de duplicación: INEGI. XII Censo General de Población y Vivienda 2000. Para el concepto Tasa bruta de nupcialidad: INEGI. Estadísticas de Nupcialidad. CONAPO, INEGI y COLMEX. Conciliación demográfica 2006. www.conapo.gob.mx (22 de septiembre de 2006).			

Para el año 2000, de acuerdo a datos del INEGI, la Delegación Tlalpan contaba con 581 mil 781 habitantes, mientras que en 1990 había 481 mil 438 habitantes. Este incremento de 100 mil habitantes durante este periodo, se debe fundamentalmente a que en la segunda mitad del siglo XX, la evolución de la urbanización en el Distrito Federal muestra dos fenómenos muy marcados: el despoblamiento progresivo de las áreas centrales y el doblamiento masivo en la periferia urbana y semi-rural. En este contexto, el crecimiento poblacional observado en Tlalpan ha sido uno de los más dinámicos, incrementando su población de 1950 a 2000 en 16.7 veces. Esto ha causado que el crecimiento poblacional de Tlalpan siga siendo elevado, comparado con otras demarcaciones, ubicándose como la quinta más poblada de la entidad y, de seguir con el comportamiento demográfico de la década, en 37 años su número de habitantes se duplicará.

Etapas de crecimiento demográfico y urbano

Se identifica la existencia de tres momentos que han interferido en la conformación de los incrementos de población más que por la tasa de crecimiento medio anual. **La primera fase** comprende de 1950 a 1960, cuando se da un crecimiento alto, del orden del 86.76 por ciento con respecto a la población inicial, dando inicio a la conurbación de Tlalpan con el resto de la Ciudad. **La segunda fase** es en el período de 1960 a 1970, cuando la población se duplicó, este comportamiento continuó hasta 1980; año en el que incluso alcanzó una proporción del 182.27%. Salta a la vista que en un período de 20 años la población de la Delegación se sextuplicó, situación que trajo consigo la formación del núcleo actual de concentración



urbana cuyo origen puede ser trazado a mediados de los años sesenta. **La tercera fase** es para los años 1990, 1995 y 2000, cuando la población de la Delegación disminuyó su incremento siendo éste del 31.41%, 13.95% y 5.30% respectivamente, lo que por supuesto redundó en una disminución de la tasa de crecimiento medio anual registrada en cada uno de esos años.

Cuadro 1.4.- Incremento de la población del Distrito Federal

AÑO	POBLACIÓN D.F. (HABITANTES)	POBLACIÓN DELEGACIÓN (HABITANTES)	INCREMENTO POBLACIÓN DELEGACIONAL (HABITANTES)	(A/P(T))X100	TCMA DELEGACIONAL	POB. DELEGACION / POBLACIÓN D.F.
1950	3,050,442	32,767				1.07%
1960	4,870,876	61,195	28,428	86.76%	6.45%	1.26%
1970	6,874,165	130,719	69,524	113.61%	7.89%	1.90%
1980	8,831,079	368,974	238,255	182.27%	10.93%	4.18%
1990	8,235,744	484,866	115,892	31.41%	2.77%	5.89%
1995	8,489,007	552,516	67,650	13.95%	2.65%	6.51%
2000	8,605,239	581,781	29,265	5.30%	1.04%	6.76%

Crecimiento natural de la población

Se entiende por crecimiento natural de la población la diferencia que se establece entre los nacimientos y las defunciones en un período dado. En Tlalpan entre 1990 y el 2000 el promedio de hijos nacidos vivos por mujer disminuyó de 2.0 a 1.9, este mismo descenso se refleja en la Tasa Global de Fecundidad (TGF) que para 1999 fue de 2.0. La Tasa Bruta de Natalidad (TBN), baja de 23.5 a 19.1 nacimientos por cada mil habitantes entre 1990 y 1999 en la Delegación.

Por lo que respecta a la Tasa Bruta de Mortalidad (TBM) en 1990 esta fue de 3.9 muertes por cada mil habitantes y se mantiene hasta 1999; la tasa de mortalidad infantil disminuyó de 26.4 muertes de niños menores de un año por cada mil nacidos vivos en 1990 a 17.3 en 1999. En síntesis, la disminución de la natalidad y mortalidad han incidido en las bajas tasas de crecimiento natural, la cual en 1990 era de 2.0 y para 1999 pasa a ser de 1.5 por ciento.

Inmigración

De 1950 a 1960 inmigraron a la Delegación poco más de 17 mil habitantes. Para la siguiente década (1960-1970), ingresaron aproximadamente 42,000 habitantes. De la década de los setentas a la de los ochentas, se registra la mayor inmigración, la cual corresponde a 182 mil 027 pobladores.

Estructura de la población

Composición por sexo: La población menor de 14 años asciende a 155 mil 600, de los cuales el 49.29 por ciento son mujeres y el 50.71 por ciento son hombres. Entre los 15 años y más, se nota un predominio de las mujeres con el 52.80 por ciento, sobre la población masculina que presenta el 47.20%. En el rango de 35 a 39 años, se registraron a 43 mil 681



personas de las cuales el 53.71 por ciento son mujeres y el 46.29 por ciento son hombres. En el rango de 65 años y más se tienen registrados 25 mil 516 de los cuales el 58.79 por ciento son mujeres y el 41.21 por ciento son hombres.

Composición por edad: La estructura por edad de la población de Tlalpan en el 2000 se registra de la siguiente manera: hasta 14 años, representan el 26.75 por ciento; de 15 a 39 años representa el 45.72 por ciento de la población total, en el rango de 40 a 65 años representan el 21.57 por ciento y aquel que va de 65 años y más es de 4.39 por ciento; finalmente los no especificados representan el 1.57 por ciento.

La Delegación Tlalpan, cuenta con una superficie urbana de 4,762.23 hectáreas y una población en el año 2000 de 581,781 habitantes, lo que resulta en una densidad bruta de 122 habitantes por hectárea y una densidad neta de 174 habitantes por hectárea.

Vivienda

Según datos censales, en 1970, Tlalpan contaba con 22 mil 026 viviendas, cantidad para que el año 2000 aumentó a 142 mil 178, un incremento de más de 6 veces con respecto a ese año. En contraste, el número de habitantes por vivienda pasó de 5.93 en 1970 a 4.09 en el año 2000. En cuanto a los servicios por vivienda, para el año 2000 Tlalpan registró que el 87.73 por ciento de viviendas contaba con agua potable entubada. En lo que al drenaje sanitario respecta, en el año 2000 la cobertura era del 96.59 por ciento. El porcentaje de viviendas con electricidad para el año 2000 era de 97.98 por ciento.

En cuanto a las características de los materiales con que han sido construidas las viviendas, según el censo del año 2000, el 80.62 por ciento tienen techos de losa o ladrillo, el 11.19 por ciento cuenta con lámina de asbesto o metálica y un marginal 0.25 por ciento tiene palma, tejamanil o madera. En los muros el material predominante de las viviendas ocupadas observa en su construcción tabique o ladrillo con el 95.67 por ciento, aquellas que cuentan con piso de cemento o firme es el 59.81 por ciento, con el piso de madera, mosaico u otros recubrimientos, el 36.33 por ciento y sólo el 1.94 por ciento tienen piso de tierra.

1.3.3 Actividades económicas

En general, los recursos naturales de la zona sur de la Cuenca de México han representado desde hace más de 2000 años una fuente de bienes y servicios para las poblaciones humanas locales. Desde entonces, las actividades productivas del campo como la agricultura se han desarrollado de manera intensiva principalmente hacia las planicies, valles y terrenos bajos, alcanzando una considerable zona rural. En esta región se realiza también la ganadería como una actividad secundaria que ha ido en decremento, no obstante, ha representado una importante fuente de ingresos para los pobladores de las diversas comunidades rurales de la región. Se estima que la producción agropecuaria no alcanza el 1% de la producción nacional.



Otras actividades preponderantes que se han llevado a cabo por la presencia de grandes extensiones de bosques naturales, son las de tipo forestal de productos maderables, las cuales pueden ser descritas en general como un aprovechamiento extensivo e intensivo. Las delegaciones de interés que incluyen una superficie importante de la región de montaña del sur de la Cuenca de México son Cuajimalpa de Morelos, Magdalena Contreras, Milpa Alta, Álvaro Obregón y Tlalpan, las cuales tienen una superficie total de labor de 54 446 ha, de las cuales 10 584 ha están destinadas a la actividad agrícola, 8 132 ha son pastos naturales o agostaderos, 32 891 ha son bosques y 2839 ha son para otros usos. De estas cinco delegaciones destacan Tlalpan y Milpa Alta que en conjunto representan 84 por ciento de la superficie de labor del Distrito Federal, casi el 80 por ciento de sus bosques naturales y el 92 por ciento de la superficie agrícola mencionada.

Actividad agrícola

En las áreas de menor altitud del Suelo de Conservación del DF se encuentran extensas zonas que son utilizadas para cultivos, dentro de los cuales se puede encontrar caña de azúcar, maíz, frijol, trigo, nopal e inclusive hortalizas como la calabaza, jitomate, cebolla y algunos frutos como el durazno, pera y mango.

Dentro de las áreas con mayor altitud se practican los cultivos de avena forrajera, maíz, frijol, haba y calabaza como cultivos anuales, y alfalfa, durazno, magueyes, nopal y pera como cultivos perennes.

Los cultivos de avena, trigo, sorgo y cebada, se siembran en zonas planas y de suelos profundos que existen en las planicies de acumulación entre las elevaciones volcánicas, de los cuales el cultivo de avena es el de más alta producción alcanzando 19402 toneladas al año (INEGI, 1994b). De este total, el 98.37 por ciento de la producción se obtiene de las delegaciones de Milpa Alta y Tlalpan en el Distrito Federal, siendo esta última Delegación la más importante debido a que aporta anualmente el 70.5 por ciento de la producción de avena en el Distrito Federal.

El maíz es otro de los cultivos que predominan en la región, alcanzando una producción total de 5778.86 toneladas al año (INEGI, 1994b), del cual el 81.7% se obtiene de las delegaciones de Milpa Alta y Tlalpan.

El cultivo de nopal es una de las actividades agrícolas con mayor importancia económica, la cual se realiza principalmente en la Delegación de Milpa Alta, de donde se obtiene hasta el 80 por ciento de la producción nacional. Tanto el maíz como el nopal se cultivan en zonas cercanas a poblados y se pueden encontrar acompañados por frijol, calabaza y haba. Destaca no sólo por su producción sino también por su comercialización la Delegación Milpa Alta, ya que es la única que logra la exportación, además de vender a escala local, regional y nacional.

Actividad ganadera

No obstante que la ganadería es una actividad secundaria para los pobladores de la región, ésta representa una fuente importante de ingresos para quienes la practican. En la



zona existen varios tipos de ganado como bovino, ovino, caprino y equino, siendo los dos primeros los de relevancia por el gran número de cabezas que se producen. La ganadería depende sustancialmente de las áreas forestales, pues se realiza de manera extensiva donde la vegetación herbácea del bosque es la única fuente alimentaria para los rebaños, ya que no se les da complemento alimenticio de ningún tipo y pasan dentro de ellas de ocho meses a un año. La producción de ganado porcino, al igual que la producción avícola (principalmente de pollos, gallinas y guajolotes), es una actividad de traspatio que se realiza en todas las comunidades rurales de la región, principalmente en los poblados de la Delegación Milpa Alta donde representa una importante actividad económica para sus pobladores.

De acuerdo con el VII Censo Agropecuario de 1991, se producen en el Distrito Federal 4596 cabezas de ganado bovino cada año, de las cuales 1489 (32.4%) se destinan exclusivamente para la producción de leche, 918 (19.97%) para la producción de carne, 1790 (38.95%) se utilizan para la producción tanto de leche como de carne, y 399 (8.68%) tienen otros usos (INEGI, 1994b). En este rubro destaca la Delegación Milpa Alta con una producción total de 2 376 cabezas de ganado bovino que se utilizan con un doble propósito, pero principalmente para la producción de leche. Le sigue en importancia la Delegación Tlalpan, con 1552 cabezas de ganado bovino.

En la producción de ganado ovino destacan los pobladores rurales de la Delegación Tlalpan, quienes producen anualmente hasta 9 631 cabezas de ganado ovino, de los cuales aproximadamente 80 por ciento son para la producción de lana y el resto de los animales se emplean para otros usos, principalmente la producción y el consumo de su carne.

Actividad forestal

En la explotación forestal que se realiza legalmente en el Distrito Federal para la obtención de productos maderables, se utilizan principalmente las especies de encinos, pinos y oyamel. Esta actividad está restringida, siendo la Delegación Magdalena Contreras, la más importante en esta actividad, ya que explota 801 m³ de madera (421.05 m³ de pino, 280 m³ de oyamel, 58.69 m³ de encino y 42.67 m³ de otras especies). Por su parte, en la Delegación Cuajimalpa el volumen de extracción es de 48.63 m³ de encinos y otras especies arbóreas (INEGI, 1994b).

A diferencia de la explotación forestal de productos madereros, prácticamente todos los pobladores rurales de la región se dedican de una manera extensiva a la recolección de leña. Los colectores más importantes son los pobladores rurales de Milpa Alta y Magdalena Contreras, quienes además tienen las mayores unidades de producción (INEGI, 1994b).

Actividad turística

En varios sitios del Suelo de Conservación del DF se realizan actividades turísticas, principalmente en el Parque Nacional Miguel Hidalgo La Marquesa, el Parque Cultural y Recreativo Desierto de los Leones, cañadas de Contreras los Dinamos, el Parque Nacional Cumbres del Ajusco y las inmediaciones de este volcán. Estos lugares están localizados hacia la porción oeste de la región de montaña del sur de la Cuenca de México, caracterizados por bosques donde es predominante el oyamel.



En algunos lugares con atractivo paisajístico se han habilitado áreas para actividades recreativas y de esparcimiento que operan esencialmente en los fines de semana y días festivos; sin embargo, en la mayoría de los casos sólo se cuenta con algunos servicios básicos para los visitantes. En la operación de estos servicios participan de manera importante los habitantes de comunidades rurales aledañas. Los expendios de comida son de los que más existen en la región y se han establecido sitios exclusivamente para este fin, como en el poblado Tres Marías y el paradero de Topilejo en la carretera federal México – Cuernavaca.

Otro servicio demandado es el de alquiler de caballos, que se ofrece en estos lugares, propiciando núcleos turísticos con uso intensivo y excesivo de los sitios. Su expansión se ha dado sin planeación, por lo que se carece de servicios complementarios, por ejemplo, adecuada vigilancia y seguridad, señalización, medios de comunicación, mantenimiento preventivo de la infraestructura, sanitarios estacionamiento y servicios médicos.

Las circunstancias en que se realizan las actividades descritas han coadyuvado al deterioro de los recursos naturales en diversos sitios provocando la pérdida de paisaje natural. El desarrollo adecuado de las actividades turísticas está restringido por la falta de información, servicios, infraestructura, seguridad y vigilancia, factores comunes que se pueden observar en la región, por lo que una parte importante de los visitantes se dirigen a unos cuantos sitios, y otra se distribuye a lo largo de caminos y carreteras para realizar días de campo. Sólo una cantidad reducida de visitantes realiza actividades deportivas del tipo de entrenamiento, acondicionamiento físico o campo traviesa y son escasas las actividades de excursionismo, campismo y pesca. Las actividades culturales de interpretación y educación ambiental son prácticamente nulas.

En la Delegación Tlalpan, como en el resto de la Ciudad de México, existe una heterogénea actividad productiva y social, en la que conviven modernidad y tecnología de punta, con atraso e informalidad, por lo que podemos encontrar desde grandes corporaciones productivas, comerciales y financieras globalizadas, hasta la empresa familiar tradicional y el trabajo informal.

La vocación productiva de Tlalpan, en relación a las unidades económicas existentes, está definida por los sectores comercios, servicios e industria, con una participación del 55%, 37% y 9 % respectivamente. Por lo que respecta a personal ocupado en dichos sectores, la mayor cantidad se encuentra en el sector terciario, con el 76.3% de la Población Económicamente Activa (PEA), que en conjunto representa 186,502 personas, de las cuales 68,724 se encuentran en el comercio y 117,778 en los servicios. El sector secundario, por su parte, ocupa un 20% de la PEA, con un total de 48,274 personas. El sector primario ocupa a 2,931 personas, para un total de 1.20% de la PEA.

De acuerdo al Cuaderno Estadístico Delegacional 2001, del INEGI, en la Delegación Tlalpan existen un total de 14,398 unidades económicas, de las cuales la industria posee 1,215 unidades, en el comercio se ubican 7,810 y en los servicios un total de 5,373. Siendo el comercio la actividad más relevante y por tener el mayor número de unidades económicas,



este sector está representado en las 5 zonas que conforman la Delegación, de acuerdo al Censo de Establecimientos Mercantiles de la Demarcación.

Producción Forestal

En el contexto del Distrito Federal, la importancia de la producción agropecuaria y forestal no es nada despreciable; en términos relativos a la superficie agrícola significa 24.9%, los pastizales 35.1%, forestal 33.4% y el área de matorrales 33.3%. En relación a la producción, es el primer productor de avena, maíz para elote, papa, ovinos y caprinos, y tiene un papel importante en floricultura.

Las 26 mil hectáreas de Suelo de Conservación se dividen de acuerdo a sus usos en: forestal, agrícola, pervalio y el resto es ocupado por los poblados rurales. Los tipos de cubierta presentan una serie de problemas asociados a la actividad productiva que se desarrolla. Las 12 mil hectáreas de superficie forestal están expuestas a fuertes problemas de perturbación por: cambio de uso del suelo, sobre pastoreo, incendios, tala clandestina, extracción de tierra de monte y materiales pétreos, plagas y enfermedades forestales, derivados entre otros por la alta presión demográfica y el poco interés de los dueños en preservarlos, ante la imposibilidad legal de aprovecharlos.

La degradación de los recursos naturales incide directamente en la recarga del acuífero, el cual está sometido a dos tipos de presiones: disminución de la zona de recarga y sobreexplotación.

Existe un desequilibrio geohidrológico ocasionado por la compactación del área de recarga de los acuíferos y la extracción para consumo humano de una cantidad de agua mayor a la que logra infiltrarse en dichos acuíferos, que se traduce en hundimientos diferenciales y fracturas superficiales. La Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica (actualmente Comisión de Aguas de la Ciudad de México) ha estimado que, como mínimo, se requiere reducir la sobreexplotación del acuífero del Valle de México en 4 m³/s, o una quinta parte de lo que actualmente se le extrae (en total se sobreexplota en 6.6 m³/s). Además, los análisis indican que en las condiciones actuales no existe suficiente agua disponible dentro del Suelo de Conservación para que a través de su inyección al acuífero se puede evitar su sobre explotación.

La cubierta boscosa ha sufrido los efectos de incendios forestales que año con año se presentan en la Delegación, en promedio se presentan 245 incendios; 342 conatos - afectaciones menores a 1,000 m²- y 66 quemas de pasto en áreas en donde casi no existen árboles o arbustos. En total se ven afectadas 433.5 hectáreas anualmente. El problema es que, algunos de estos incendios, son provocados por los mismos habitantes del medio rural para reconvertir áreas boscosas a superficie agrícolas o para establecer asentamientos humanos.

Agricultura y Ganadería

La agricultura ocupa una superficie de 8 800 hectáreas. Esta actividad se caracteriza por ser fundamentalmente familiar, de temporal, con niveles tecnológicos bajos, por no estar



integrada a los mercados y nulos procesos de transformación. La avena es el principal cultivo, se siembran en promedio 6 mil hectáreas en el ciclo primavera verano, lo que representa 23.8% de la superficie de Suelo de Conservación y dos terceras partes de la superficie agrícola.

En la Delegación existen alrededor de 13,600 cabezas de ganado mayor, en su mayoría ovinos y 11 mil de ganado menor. La ganadería se distingue por su baja escala y tecnificación, problemas sanitarios, existe poca bioseguridad; su alimentación es deficiente (hiponutrición); inversiones en infraestructura muy bajas, no se cuenta con instalaciones adecuadas; los planes de manejo y la adquisición de los animales no se hace de acuerdo a las normas sanitarias y bajas tasas de reproducción en animales gestantes y lactantes.

CAPÍTULO II

Situación actual del abastecimiento de agua y manejo de residuos en la zona de estudio

A continuación se describen brevemente las condiciones en las que se encuentran los asentamientos irregulares con respecto al suministro de agua y evacuación de aguas residuales. Parte de la información fue recopilada en periódicos.

2.1. Abastecimiento de agua para consumo humano

Debido al intenso crecimiento demográfico y proceso de asentamiento de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México (ZMCM), así como de la diversidad de actividades de sectores productivos y de servicios concentradas en este espacio, se ha requerido de una enorme magnitud de recursos y capacidad técnica y organizativa para satisfacer la creciente demanda de abastecimiento de agua (Bazant, 2001).

El Distrito Federal se abastece de diversas fuentes para satisfacer la demanda de agua de la Ciudad; tales fuentes proveen de 565 millones de metros cúbicos anuales, de los cuales 303 millones provienen de la cuenca del Río Balsas, 148 millones de la cuenca del Lerma y 114 millones de la cuenca norte del Valle de México.

Los acuíferos que yacen bajo la Ciudad, principalmente en el norte y el sur de la antigua planicie lacustre, tenían presión artesiana en el siglo XIX. La presión positiva de los acuíferos de la cuenca de México comenzó a disminuir en muchas áreas durante la década de 1930 y sólo se presenta actualmente en pocas zonas, como es el caso de Chalco. La mayoría de los pozos se localiza en o cerca de zonas de transición en áreas donde los acuíferos están semiconfinados. Los pozos tienen profundidades entre 100 y 200 metros, aunque algunos son tan someros que apenas alcanzan los 70 metros, o tan profundos que llegan a alcanzar los 300 metros. Actualmente existen aproximadamente 1500 pozos registrados en la Ciudad de México y casi 3600 en toda la cuenca de México (Ezcurra *et al.*, 2006).

El suministro de agua para la Ciudad de México varía dependiendo de la zona entre 133 y 307 litros por habitante por día. Se reporta un promedio general diario de 300 l/hab/día, que aparenta ser mayor que el de muchas ciudades europeas. Sin embargo, a este volumen debe restarse lo que se pierde por fugas y el consumo en comercios, industrias y servicios, con lo que resulta una dotación per cápita real de 146 l/hab/día aproximadamente, volumen cercano a lo recomendado por la Organización Mundial de la Salud (OMS) de 150 a 170 l/hab/día (Ezcurra *et al.*, 2006).

Según informes de la extinta DGCOH (2002), 32% del agua potable que se distribuyó en el Distrito Federal se perdió por fugas en la red de conducción y en las tomas domiciliarias. A



esta cifra se debe agregar el volumen sustraído de tomas clandestinas, ubicadas en asentamientos humanos y establecimientos irregulares.

Debido a estas pérdidas y extracciones de agua en las redes primarias, desde hace décadas la explotación de los acuíferos del Valle de México, que aportan cerca del 80% del consumo, ha sido insuficiente. Para satisfacer el déficit actual en abastecimiento de agua y atender la futura demanda, actualmente se encuentra en proyecto la explotación de fuentes más lejanas, como las del Alto Amacuzac y las de la presa Necaxa; en el caso de esta última, se requerirá construir 144 kilómetros de líneas de conducción, 6 plantas de bombeo y vencer 1363 metros de diferencia de altitud con la Ciudad de México (Bazant, 2001).

Si técnicamente es un reto traer agua de fuentes lejanas, el costo por traerla es aún mayor, de la magnitud de 1113 a 1483 dólares por m³/s, y por la cual se cobra globalmente entre 2.3 a 2.6 centavos de dólar por habitante por día, es decir, que se está cobrando aproximadamente una quinta parte de su costo real (Bazant, 2001).

Según datos de la Delegación Tlalpan, ésta tiene una cobertura del servicio de agua potable del 100%. De esta cobertura, el 96% es a través de tomas domiciliarias y el 4% restante por medio de carros tanque (pipas), considerando a zonas dentro del Suelo Urbano y los pueblos localizados dentro del Suelo de Conservación.

La mayoría de las viviendas que se encuentran asentadas en las zonas de Suelo de Conservación no cuentan con conexión a la red de agua potable de la Ciudad de México, por lo que su abastecimiento se realiza por medio de pipas. Se estima que aproximadamente 13 000 familias reciben el agua únicamente por este medio. El suministro a través de pipas está subsidiado: cuando una persona solicita el agua, debe pagar \$80, mientras que el resto lo pagan las autoridades de la Delegación Tlalpan. Para que este sistema funcione, la Delegación invierte hasta 70 millones de pesos al año. Las empresas que son contratadas para prestar el servicio de transporte del agua obtienen los contratos a través de una licitación. De cualquier modo, este servicio no satisface la totalidad los requerimientos de la población en esta zona, por lo que también hay particulares que ofrecen el servicio, cobrando por cada carga de 8 000 litros entre \$400 y \$600.

Sin embargo, en abril de 2006 tuvo lugar una crisis del abastecimiento por pipas: *El caudal que alimentaba a la garza de San Pedro Mártir, en el Ajusco, de la que salían 250 viajes de agua potable en pipa, disminuyó "drásticamente", por lo que ésta tuvo que cerrar. El líquido se obtenía del Acuífero, y en el último año, al cargar las pipas, comenzó a afectar el abasto de la zona mediante la red. A diferencia de las otras tres garzas que están en la Delegación Tlalpan, ésta no toma el agua de un pozo, sino de la que se trae a la Ciudad de México a través del Acuífero.* (**Reforma**, 9 de abril de 2006).

Al cerrarse dicha garza se dejaron otras tres para surtir de agua a los habitantes de estas zonas. Sin embargo, se han registrado otros problemas, como es el caso del abastecimiento de agua obtenida de afloramientos contaminados por aguas residuales. Según una noticia aparecida el 11 de febrero de 2006 en el periódico **Reforma**, varias pipas del Servicio Público Federal se cargaban con líquido extraído de un predio particular ubicado en la colonia Caracol de la



Delegación Coyoacán, para después llevarlo a los diferentes usuarios. Aunque las autoridades dijeron desconocer este hecho, al día siguiente fue clausurado el afloramiento y el predio en el que se encontraba, por riesgo a la salud.

2.2. Evacuación de residuos líquidos

Según la Comisión Nacional del Agua (Conagua), la producción media de aguas residuales en el Valle de México es de 1255.80 millones de metros cúbicos por año, de los cuales 979.52 millones de m^3 son captados por las redes existentes, y 276.28 millones de m^3 son descargados directamente a corrientes naturales cercanas a sus localidades o en calles de las mismas. De las aguas residuales generadas en la ZMVM sólo el 10% recibe tratamiento, el restante se desvía al exterior de la cuenca a través del sistema de alcantarillado.

En su ruta a través del sistema de drenaje, las aguas residuales domésticas que se colectan en el drenaje se mezclan con aguas residuales industriales y, durante la temporada de lluvias, con agua de lluvia. Aproximadamente 90% de los residuos líquidos industriales, que suman alrededor de 1.5 millones de toneladas al año, se descargan al sistema de drenaje de la Ciudad sin ser tratados (Ezcurra *et al.*, 2006).

El Sistema Metropolitano de Drenaje y Control de Avenidas de la Ciudad de México es un conjunto de instalaciones formado por un sistema de redes de diversas capacidades (9800 km de redes primarias y 12 600 km de redes secundarias); 79 plantas de bombeo con capacidad conjunta de 630 m^3/s ; 93 plantas en pasos a desnivel con capacidad de 14 m^3/s ; vasos de regulación y plantas de tratamiento. Dentro de este conjunto llama la atención el Sistema de Drenaje Profundo, cuya primera etapa entró en operación en 1975, y que tiene una longitud de 137 km a profundidades que varían de 30 a 220 m (necesarias para el desalojo de aguas por gravedad) y grandes diámetros (Bazant, 2001).

Las aguas residuales fluyen al norte hacia algunas presas y finalmente hacia el sistema Tula, en el estado de Hidalgo, donde se utiliza una parte para riego sin ser previamente tratada. Las aguas residuales también se usan para la generación de energía eléctrica en la presa de Zimapán sobre los ríos Tula y San Juan, hidroeléctrica con una capacidad instalada de 280 MW. Por último, las aguas residuales se abren paso hacia el Golfo de México a través del sistema de los ríos Tula-Moctezuma-Pánuco (Ezcurra *et al.*, 2006). En la figura 2.1 se muestra un esquema del flujo de agua hacia adentro y hacia fuera de la ZMVM.

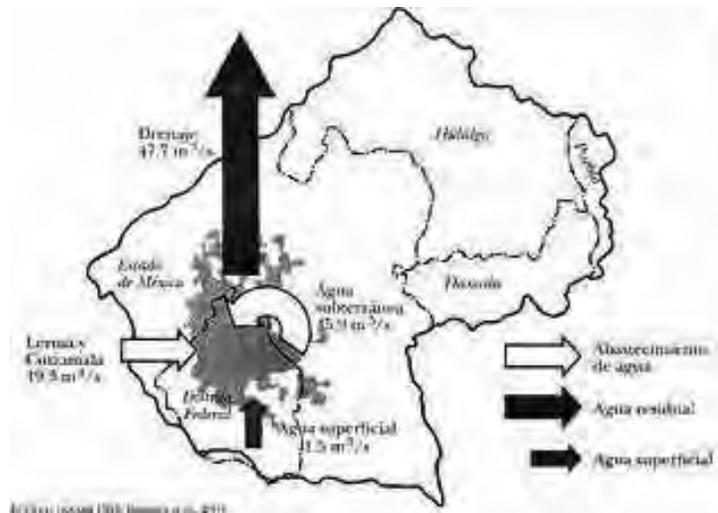


Figura 2.1.- Flujo de agua en la ZMVM (Fuente: Ecurra et al., 2006)

La Delegación Tlalpam tiene un nivel de cobertura en infraestructura de drenaje del 60%, considerando el Suelo Urbano y poblados dentro del Suelo de Conservación. El 52% de la población cuenta con descarga domiciliar a la red, mientras que el 48% restante realiza sus descargas a fosas sépticas y resumideros (pozos negros).

El Sistema de Drenaje con el que cuenta la Delegación es de tipo combinado, ya que capta y conduce en forma conjunta aguas residuales y pluviales, las cuales son recolectadas mediante la red de tuberías que las conducen hacia una serie de colectores y ramales ubicados al noreste de la Delegación en las zonas Centro y Cabecera de Tlalpam.

El conjunto de colectores y ramales se enlazan al colector Miramontes, que conduce las aguas residuales generadas en esta Delegación hasta el río Churubusco, integrándose así al Sistema General de Desagüe.

Para captar y conducir las descargas de agua residual al sistema general de desagüe la Delegación cuenta con una red primaria de 64.42 kilómetros de tubería de red con un diámetro mayor a los 60 centímetros, y una red secundaria compuesta por tuberías con diámetros menores a los 60 centímetros y tiene una longitud de 461.37 kilómetros.

En el área rural, solamente el 23% de la superficie poblada cuenta con el servicio de alcantarillado. Las carencias de la población de asentamientos humanos irregulares no les permite tener un nivel de vida adecuado y la falta de servicios se traduce en el deterioro ambiental del Suelo de Conservación.

Los habitantes de los asentamientos humanos irregulares han encontrado diversas formas de disponer de sus aguas residuales, dependiendo de las características geográficas del lugar donde habitan, llegando a depositar sus aguas residuales en ríos, canales, barrancas, hoyos negros, fosas sépticas y grietas; y en algunos casos aquellos asentamientos que se encuentran cercanos al casco urbano llegan a conectarse al sistema de drenaje de la Ciudad, ocasionando otros problemas como la saturación del sistema. En Xochimilco, el establecimiento de estos asentamientos y la sobreexplotación de los mantos acuíferos ha ocasionado hundimientos



diferenciales en las zonas cercanas a los canales, originando que el servicio de alcantarillado quede deshabilitado en las viviendas establecidas regularmente.

En los asentamientos humanos irregulares de la Delegación Tlalpan, en la zona del Ajusco específicamente, el 86.8% de la población carece de alcantarillado municipal; ante esto el 75.7% dispone de sus aguas residuales en una fosa séptica, el 7% lo hace en una barranca (o a través de corrientes superficiales que alimentan al Río San Buenaventura, el cual a su vez descarga en el Canal Nacional). A continuación se muestra una tabla que sintetiza las formas de disposición de las aguas residuales en los asentamientos humanos irregulares:

Cuadro 2.1.- Manejo de aguas residuales domésticas. Adaptado de Alvarado, I. "Evaluación del Impacto Ambiental del manejo de aguas residuales en asentamientos humanos irregulares en el Suelo de Conservación del Distrito Federal"

Forma de disposición	Porcentaje de la población (%)
Tanque séptico	78.63
Grietas u hoyos negros	10.31
Letrinas	2.29
Vertido en barrancas	4.58
Vertido en vía pública	0
No respondió	4.20

La forma de disposición de las aguas residuales causa impactos adversos al Suelo de Conservación, pues aunque el suelo pueda actuar como depurador, va perdiendo esta capacidad por la continua contaminación a la que se ve sometido, haciendo posible que los contaminantes del agua residual lleguen hasta las aguas subterráneas.

CAPÍTULO III

Impacto ambiental del manejo del agua en las áreas de influencia de los asentamientos humanos irregulares en la Delegación Tlalpan, D.F.

3.1 Metodología de identificación y evaluación del Impacto Ambiental

Para detallar el marco ambiental se necesita seleccionar indicadores ambientales, los cuales deben describirse lo más cuantitativamente posible. Un indicador ambiental es un factor que transmite información sobre el estado del ecosistema del que forma parte o de alguna característica del mismo. Además de ser **medible**, sólo interesa considerar a los factores **relevantes**, aquellos que tienen valor y que se pueden ver afectados por las acciones llevadas a cabo. Es recomendable que también sean fáciles de localizar, describir y comprobar, es decir, que sean **determinables**. Otra característica a la que se deben ajustar los factores es la de ser **independientes**. Cada factor elegido debe describir una única cualidad, componente o proceso del medio, sin solaparse con otro, para que en la identificación y valoración de impactos no se repitan resultados.

En el presente estudio se contó con información proporcionada por el Sistema de Aguas de la Ciudad de México, relativa a análisis de laboratorio de muestras de agua tomadas de pozos en operación en la zona de estudio que cubren desde 1997 hasta 2005, gracias a los cuales se obtuvieron 29 parámetros de calidad del agua. Para poder determinar si existe contaminación en el acuífero por aguas residuales, se deben conocer los componentes comunes que se encuentran presentes en ellas. Algunos de estos componentes se describen brevemente a continuación.

Los cloruros y sulfatos se encuentran presentes normalmente en el agua y en residuos generados por humanos. El nitrógeno y el fósforo en sus diversas formas (orgánicas e inorgánicas) son comunes en residuos de humanos, con fósforo adicional de los detergentes. Carbonatos y bicarbonatos están normalmente presentes en el agua y en los residuos como sales de calcio y magnesio. También se pueden encontrar sustancias tóxicas, como arsénico, cianuro y metales pesados como cadmio, cromo, cobre, mercurio, plomo y zinc, cuya presencia está ligada a los residuos industriales.

Además de estas sustancias químicas, la concentración de gases disueltos, en especial de oxígeno, y la concentración de iones hidrógeno (expresada como pH) son otros parámetros de interés en las aguas residuales. (Henry y Heinke)

Cabe resaltar la presencia de un conjunto diverso de microorganismos en las aguas residuales aunados a los componentes inorgánicos. Desde el punto de vista práctico, resulta complicado y muy costoso probar cada muestra de agua para determinar todos los patógenos que potencialmente se hallan presentes. En lugar de ello, las muestras se analizan para determinar



aquellos microbios relacionados con la contaminación fecal, que sean indicadores que sugieran la presencia potencial de patógenos humanos. Los organismos indicadores de uso más común son miembros del grupo coliforme, llamado así por la bacteria *Escherichia coli*, un habitante normal del tracto digestivo de los seres humanos y otros animales de sangre caliente. Las pruebas se realizan para determinar coliformes totales, un grupo que incluye algunas especies de amplia distribución en el ambiente, y coliformes fecales, un grupo que es más específico de contaminación fecal. (Mibelcic)

Tomando en cuenta lo anterior, en conjunto con las características de la zona de estudio (particularmente la ausencia de industrias), se puede recortar la lista de los 29 parámetros proporcionados y seleccionar aquellos que sugieran contaminación del acuífero por aguas residuales de origen doméstico. Los parámetros seleccionados para ser utilizados como indicadores ambientales de la calidad del agua del acuífero son: pH, alcalinidad total, cloruros, nitrógeno amoniacal, nitrógeno proteico, sulfatos, cuenta estándar, coliformes totales y coliformes fecales.

3.1.1 Red de Impactos

Para analizar procesos complejos es recomendable realizar diagramas de causa-efecto (diagramas de redes) y así conocer en una primera aproximación los factores ambientales afectados. Los Diagramas de Redes son métodos que integran las causas de los impactos y sus consecuencias a través de la identificación de las interrelaciones que existen entre las acciones causales y los factores ambientales que reciben el impacto, incluyendo aquellas que representan sus efectos secundarios y terciarios.

Los análisis de redes son muy útiles para identificar los impactos previstos asociados a posibles proyectos. Las redes también pueden ayudar a organizar el debate sobre los impactos previstos de un proyecto. Las presentaciones de los diagramas son especialmente útiles a la hora de comunicar la información sobre un impacto ambiental. La limitación principal de un método de diagrama de redes es la mínima información que proporciona sobre los aspectos técnicos de la predicción de los impactos y sobre los medios para evaluar y comparar las alternativas y comparar los impactos de las alternativas. Además, la representación gráfica de estas redes puede volverse muy compleja (Canter, 1999).

En la figura 3.1 se muestra la red de impactos elaborada como medio para la identificación de impactos potenciales del manejo del agua en la zona de estudio. Como puede verse en esta figura, los efectos últimos incluyen el deterioro de la calidad ambiental y riesgos para la salud. La calidad del agua representa uno de los problemas ambientales más críticos generados por la expansión urbana. Durante décadas se ha prestado atención a los aspectos bacteriológicos de la calidad del agua. Las enfermedades infecciosas intestinales siguen estando entre las cinco causas más comunes de mortalidad infantil en el país y se les puede asociar parcialmente con la mala calidad del agua para uso y consumo humano (Ezcurra *et al.*, 2006).

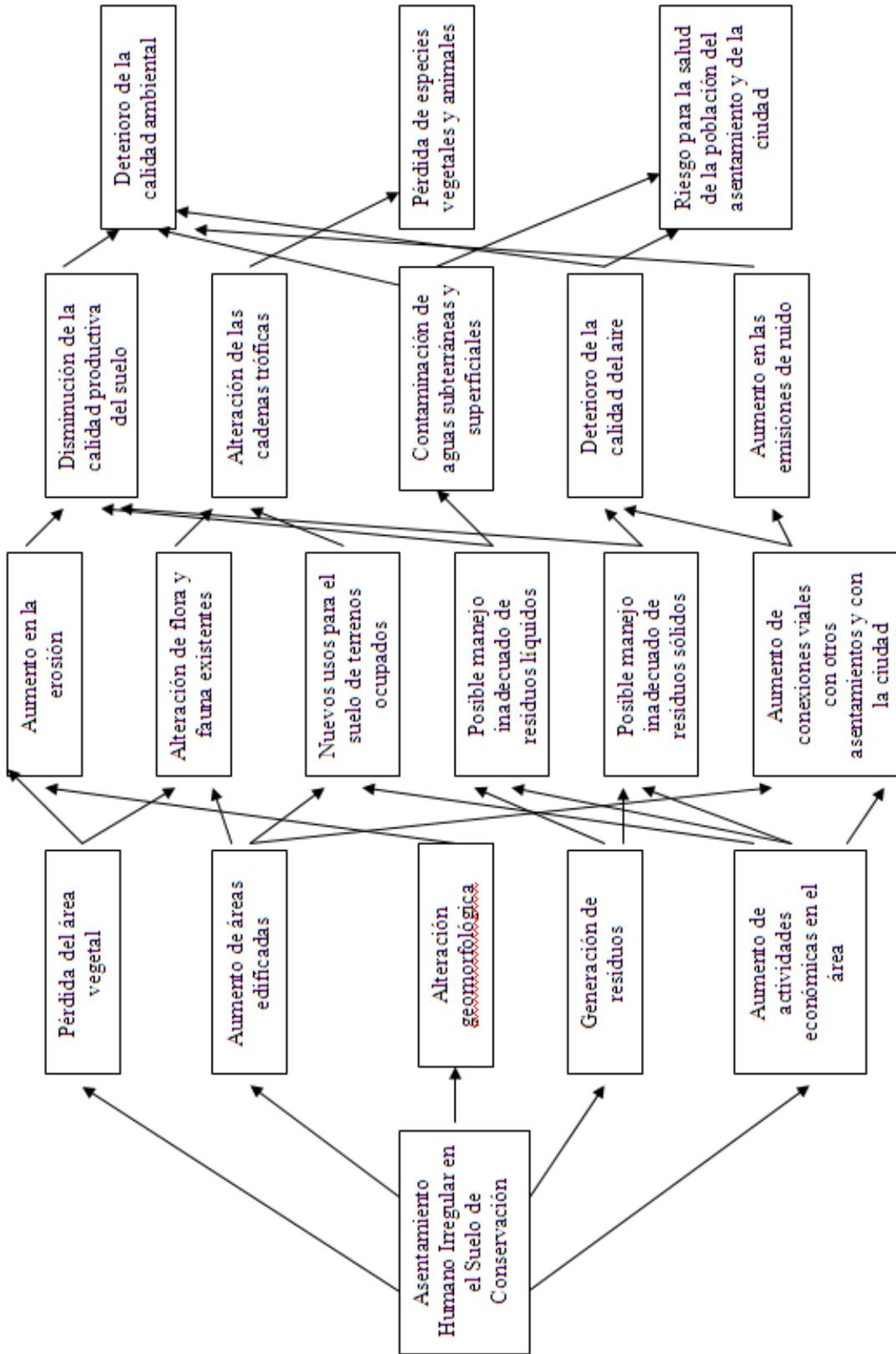


Figura 3.1.- Red de impactos propuesta



Se han aislado bacterias patógenas del acuífero que subyace la zona sur, del cual se extrae aproximadamente 30% del agua que abastece a la ciudad de México, lo que puede representar un riesgo significativo para la salud de la población, en especial cuando el agua se distribuye o se usa sin la desinfección adecuada. Los pozos de extracción localizados en la zona de transición y zona montañosa indican la presencia de contaminación microbiana (Ezcurra *et al.*, 2006). Asimismo, en un estudio en las zonas sur y poniente de la ciudad los resultados mostraron que 95% de los pozos no cumplen con una calidad aceptable, desde el punto de vista bacteriológico, para consumo humano.

Las áreas problema, en las que se han detectado uno o varios indicadores de calidad del agua en concentraciones que rebasan las normas de agua para uso y consumo humano en México, se han registrado principalmente en delegaciones y municipios del este y sur del área urbana, como Azcapotzalco, Tlalpan, Xochimilco, Sierra de Santa Catarina, Agrícola Oriental, Cerro del Peñón, Cerro de la Estrella, Iztapalapa, Tláhuac, Nezahualcóyotl, San Lorenzo Tezonco y Santa Cruz Meyehualco (Ezcurra *et al.*, 2006).

Una vez que se ha descrito el medio físico y biológico y se han reconocido los factores con alto valor ambiental, y de entre éstos se han diferenciado los que pueden ser afectados por la actividad proyectada y los que entran dentro de los alcances y limitaciones del estudio, es el momento de enumerarlos y plasmarlos de forma sintética en una tabla o una gráfica. Esta representación es llamada árbol de factores ambientales.

Usando el árbol de acciones y el árbol de factores ambientales, se puede elaborar una matriz que resuma ambos. Partiendo de esta matriz, se procede a hacer la evaluación de los impactos ambientales, utilizando la forma de calificación de la técnica matricial de Leopold modificada (1971), una técnica que arroja resultados cualitativos y semicuantitativos. A continuación se describe la forma de aplicación (tomada del Informe del Dictamen de Factibilidad Ambiental por cambio de monto y alcance para el proyecto integral “Tren Energético de la Refinería de Salamanca”, elaborado por la Facultad de Química de la UNAM).

En la matriz de acciones y factores ambientales, cada cuadrícula de interacción se divide mediante una línea diagonal, de tal manera que exista una parte superior (triángulo superior) y una inferior (triángulo inferior).

En el triángulo superior, se indicará la importancia del impacto y si éste es positivo o negativo (anotando el signo + ó -, según corresponda) en una escala del 1 al 4, correspondiendo el valor (1) a una importancia baja, (2) media, (3) alta y (4) muy alta.

En el triángulo inferior se indicará el alcance y persistencia del impacto. El alcance del impacto tiene asignada una escala de 1 a 4, correspondiendo el valor (1) a un alcance puntual, (2) parcial, (3) extenso y (4) total. Asimismo, en el triángulo inferior se indicará la persistencia del impacto (permanencia del efecto), correspondiendo la letra (I) a una persistencia instantánea del impacto, (T) temporal y (P) permanente.

La evaluación se efectúa asignando criterios de valoración en función de la adversidad o beneficio que las actividades representan para el ambiente en sus diversos componentes, considerando en general “adversos” a los daños y/o alteraciones que afecten al medio natural, ya



sea de manera reversible o irreversible, mientras que los efectos benéficos de una acción serán aquellos que incrementen el desarrollo productivo y social del área, así como la preservación de los recursos naturales de la misma, también de manera reversible o irreversible.

La suma por filas indicará las incidencias del conjunto sobre cada factor ambiental y por tanto, su fragilidad ante las actividades. La suma por columnas dará una valoración relativa del efecto que cada acción produciría en el medio y por tanto, su agresividad.

3.2 Árbol de acciones

Las acciones de los proyectos son las actuaciones últimas que se van a realizar en una obra. Dentro de estas acciones sólo interesan las que puedan causar un efecto ambiental, tanto negativo como positivo, es decir, sólo interesan las acciones que sean **relevantes** desde un punto de vista ambiental. Las acciones que se pongan en estos listados o árboles deben ser, además, **simples** y **concretas** y **causar efectos directos**.

Asimismo, es importante que sean **independientes**, es decir, cada acción debe ser la causa de un efecto directo y no implicar a otras en su definición. La falta de independencia en las acciones de la lista produce un aumento artificial en su magnitud.

En ocasiones, dos acciones pueden causar el mismo tipo de efecto ambiental. En estos casos hay que destacar ambas, ya que no implican la una a la otra y la combinación de efectos de ambas acciones puede dar lugar a un efecto acumulado o sinérgico mayor que el de una de ellas.

Las acciones, además, deben ser **fácilmente determinables**, lo que implica que puedan localizarse en un plano y físicamente en una zona, donde causarán su efecto, así como en el momento temporal en el que se desarrollan. También han de ser describibles sin problemas y que su comprobación sea sencilla.

Por último, las acciones que se elijan deben poder ser **medibles**, mediante indicadores si es preciso y en las unidades que corresponda, para conocer de forma cuantitativa el efecto ambiental que van a causar.

En general, los árboles de acciones son representaciones sintéticas del proyecto y se les denomina “árboles” por dividirse y subdividirse en distintos niveles de actuación. Estas divisiones se componen siempre, dentro de cada nivel concreto, de actividades independientes entre sí.

En el primero de los niveles que aparecen en los árboles de acciones están las **fases** del proyecto que corresponden a las diferentes etapas temporales; en segundo lugar están las **labores** que se realizan dentro de cada fase y que describen apartados de la actuación; por último aparecen las **acciones** del proyecto propuesto susceptibles de causar impactos en el medio.

Dentro de las fases se consideran la fase de construcción o instalación; la fase de funcionamiento o explotación y la fase de abandono o desmantelamiento.



Las labores están en función del tipo de obra de que se trate, pero existen algunas genéricas que tratan temas como:

- El uso de los recursos naturales, destacando su sobreexplotación y su subexplotación, ya que en ambos casos se pueden producir efectos notables sobre el entorno.
- La emisión, vertido o generación de residuos contaminantes.
- El almacenamiento, recolección, gestión y tratamiento de los anteriores.
- La modificación del territorio respecto a la alteración del terreno donde se realice la obra, incluido el paisaje, o bien, los cambios en el medio socio-económico-cultural, destacando el uso de la red viaria, la transformación de infraestructuras preexistentes y las expropiaciones si se tienen que hacer por ser un proyecto de interés público.

Es importante destacar que la evaluación que se hace en este estudio difiere de la que se hace para un proyecto de Ingeniería Civil. En la presente tesis se evalúa el impacto ambiental de una acción ya realizada que se hizo y se continúa haciendo sin ninguna planeación. A diferencia de un fraccionamiento tipo medio o una unidad habitacional de interés social en las que se diseña a priori todo el conjunto urbano y se cumple con la normatividad urbana, el asentamiento humano irregular crece de manera espontánea e incontrolada en el territorio con total ausencia de planeación y diseño urbano a nivel de conjunto (Bazant, 2004).

Las características de las aguas residuales generadas en los asentamientos irregulares dependen de la edad de éstos; recién formados, las aguas son exclusivamente domésticas, pero, con el paso de los años y debido a la necesidad de ciertos servicios, pueden surgir papelerías, tintorerías, talleres mecánicos, lavanderías, panaderías, etc.

En el cuadro 3.1 se muestra el árbol de acciones propuesto para este estudio.

Cuadro 3.1.- *Árbol de acciones*

Fase	Labor	Acción
Funcionamiento	Disposición de aguas residuales	Conexión no prevista a una red de alcantarillado ya existente
		Descarga en fosas sépticas
		Descarga en hoyos negros
		Vertido en barrancas

En este árbol de acciones no se toma en cuenta la fase de construcción porque generó un impacto poco significativo y se considera que no es relevante.

3.3 Árbol de factores ambientales

Los factores ambientales se encuentran repartidos en diferentes niveles, que al esquematizarse, dan lugar a la representación tipo árbol. La forma de elaborar los árboles de factores empieza por reconocer los distintos niveles en los que se divide el ambiente. En primer



lugar están los **sistemas**, representados por el sistema biofísico y el sistema socio-económico-cultural; en un segundo nivel aparecen los **medios**, por ejemplo: medio físico, medio biológico, medio socio-cultural, etc.; en tercer posición aparecen los **elementos ambientales**, por ejemplo: aire, agua, vegetación, núcleos de población, etc.; por último, los elementos se pueden subdividir en los **factores ambientales** susceptibles de recibir impactos.

En el cuadro 3.2 se muestra el árbol de factores propuesto para este estudio:

Cuadro 3.2.- *Árbol de factores ambientales*

Sistema	Medio	Elemento	Factor
Biofísico	Físico	Agua	Calidad de aguas superficiales
			Calidad de aguas subterráneas
Socio-Económico-Cultural	Infraestructura	Sistemas hidráulicos	Infraestructura para abastecimiento de agua potable
			Infraestructura para evacuación de aguas residuales

3.4 Identificación y evaluación de impactos

Para identificar los impactos se parte del conocimiento de las actividades o el proyecto y del estudio del medio. Se puede proceder con distintos niveles de profundización, utilizando diferentes metodologías como son las listas de chequeo, las matrices de causa y efecto y los diagramas de redes.

La mejor herramienta para determinar los impactos son las matrices de relaciones causa-efecto. Se parte del árbol de acciones y del árbol de factores ambientales afectados que se disponen como entradas de una matriz. Se señalan las casillas de cruce cuando en ellas se tiene un impacto significativo.

En el cuadro 3.3 se muestra una matriz sencilla, resultado de cruzar el árbol de acciones con el árbol de factores ambientales propuestos.

La tarea de identificación de efectos como cruce de acciones y factores ambientales determina una primera aproximación de los efectos que las actividades tienen sobre el ambiente. La reflexión sobre dichos efectos indica cuáles pueden considerarse mínimos o no significativos y cuáles son efectos notables o impactos.



Cuadro 3.3.- Cruce de acciones con factores ambientales

FACTORES AMBIENTALES	ACCIONES				
		Conexión no prevista a una red de drenaje ya existente	Descarga en fosas sépticas	Descarga en hoyos negros	Vertido en barrancas
	Calidad de aguas superficiales				
	Calidad de aguas subterráneas				
	Red de abastecimiento de agua potable				
	Red de evacuación de aguas residuales				

A continuación se hace la evaluación de los impactos usando el método de calificación de la técnica matricial de Leopold modificada, que se describió anteriormente. En el cuadro 3.4 se muestra la matriz de evaluación de impactos para este estudio.

Cuadro 3.4.- Matriz de evaluación de impactos para el estudio

	Conexión no prevista a una red de alcantarillado ya existente	Descarga en fosas sépticas	Descarga en hoyos negros	Vertido en barrancas	NEGATIVO	POSITIVO
Calidad de aguas superficiales			-2 2I	-3 3T	5	0
Calidad de aguas subterráneas	-1 1T	-1 1T	-4 2T	-1 2T	7	0
Infraestructura para abastecimiento de agua potable				-1 1I	1	0
Infraestructura para evacuación de aguas residuales	-3 2T				3	0
NEGATIVO	4	1	6	5	16	0
POSITIVO	0	0	0	0		

Como ya se había explicado anteriormente, esta calificación tiene elementos subjetivos y los valores que se muestran en la tabla son aproximaciones. A continuación se expondrán los fundamentos que motivaron estas propuestas.



3.4.1 Impacto en la calidad de las aguas superficiales

Generado por la descarga en fosas sépticas. Generalmente existe confusión entre los términos “hoyos negros” y “fosas sépticas”, por lo que la población, sobre todo de las zonas rurales como los asentamientos irregulares, usa ambos términos indistintamente. La diferencia fundamental reside en que las fosas sépticas son unidades de tratamiento primario de aguas residuales domésticas, mientras que los hoyos negros son sólo depósitos en los que se acumulan las aguas residuales generadas sin que reciban ningún tratamiento. Desde su construcción, los hoyos negros carecen de elementos que puedan aislar su contenido del ambiente, por lo que son una fuente importante de contaminación de su entorno. Ya que su manejo es, en general, descuidado, es muy fácil que las aguas residuales que se depositan en ellos alcancen aguas superficiales cercanas, lo que genera un impacto negativo sobre ellas. Como se describió en el capítulo anterior, aproximadamente el 10% de la población del asentamiento que se estudia dispone sus aguas residuales en hoyos negros, por lo que se considera que la importancia de este impacto es media, que en sistema de evaluación utilizado corresponde a un 2. En cuanto a su alcance, se considera que es parcial, lo que equivale a un 2, porque la cantidad de aguas residuales generada es relativamente pequeña. Por último, la persistencia del impacto es temporal, porque naturalmente influye la autodepuración de la corriente afectada, y también puede implementarse un sistema de saneamiento, por lo que el impacto no es irreversible.

Generado por el vertido en barrancas. Ésta es una de las acciones más agresivas con el entorno, ya que el agua residual no tiene ningún tratamiento ni ninguna forma de contención. En esta evaluación se le otorgó un valor negativo de importancia alta (3) porque, aun cuando el porcentaje de la población que dispone así de sus aguas residuales es bajo, esto altera considerablemente la calidad de las aguas superficiales que forman corrientes intermitentes en estas barrancas durante la temporada de lluvias. A pesar de considerar que tiene un alcance extenso (3), su permanencia es temporal, de nuevo por acción de la autodepuración y por los diferentes métodos que pueden usarse para mejorar este problema.

3.4.2 Impacto en la calidad de las aguas subterráneas

Generado por la conexión no prevista a una red de alcantarillado ya existente. Estas conexiones furtivas alteran levemente la calidad de las aguas subterráneas porque es poca la cantidad de agua residual que pueda fugarse de ellas y que posteriormente pueda filtrarse hasta alcanzar un cuerpo de agua subterránea. Con base en esto, se considera que este es un impacto negativo con importancia baja, alcance puntual y persistencia temporal, ya que el suelo puede actuar como depurador.

Generado por la descarga en fosas sépticas. En la fosa séptica, una vez que se separó la parte sólida de la parte líquida de las aguas residuales, y que se ha llevado a cabo el proceso de tratamiento, el líquido resultante contiene menos cantidad de materia orgánica, por lo que es menos agresivo para el entorno, sin embargo, todavía produce un impacto negativo sobre la calidad de las aguas subterráneas. Es por esto que en la evaluación se le dio una importancia baja (1), un alcance puntual (1) y una persistencia temporal.



Generado por la descarga en hoyos negros. Como se explicó anteriormente, en los hoyos negros no existe ningún tratamiento. Este sistema propicia la infiltración de las aguas residuales a estratos inferiores del suelo y finalmente llegan a las aguas subterráneas. Como se mostró en los datos de la calidad del agua de los pozos en el área de estudio, hay un aumento en diferentes parámetros, lo que significa que del año 1993, que corresponde a los valores iniciales, al año 2005, que corresponde a los valores finales, la calidad del agua subterránea ha disminuido. Es por esto que a este impacto negativo se le otorga una importancia muy alta (4) de alcance parcial (2) y persistencia temporal.

Generado por el vertido en barrancas. Al verter aguas residuales a cuerpos de agua superficial, se da una pequeña infiltración que puede alcanzar a las aguas subterráneas. Sin embargo, al tratarse de una cantidad relativamente pequeña de aguas residuales que se filtran hasta llegar al acuífero, se considera que es un impacto negativo de importancia baja (1), alcance parcial (2) y persistencia temporal.

3.4.3 Impacto en la infraestructura para abastecimiento de agua potable

Generado por el vertido en barrancas. En estos asentamientos, la mayor parte del agua potable utilizada proviene ya sea de tomas domiciliarias o de pipas, pero algunas familias también se abastecen con las corrientes superficiales, sin tener en cuenta que éstas son contaminadas aguas arriba por los mismos pobladores de los asentamientos. Por lo tanto, se considera que el vertido de aguas residuales a las corrientes superficiales tiene sobre este factor un impacto negativo de importancia baja (1), alcance puntual (1) y persistencia instantánea.

3.4.4 Impacto en la infraestructura para evacuación de aguas residuales

Generado por la conexión no prevista a una red de alcantarillado ya existente. Como se mencionó en el capítulo anterior, estas conexiones pueden causar notables efectos sobre la red de drenaje existente, causando daños incluso a los habitantes del casco urbano por la saturación del servicio. Es por esto que al impacto se le otorga un valor negativo de importancia alta (3). En cuanto a su alcance, se considera que éste es parcial (2) debido al porcentaje pequeño de familias que disponen así de sus aguas residuales. Su permanencia se calificó como temporal ya que existen formas de mitigar esos efectos producidos.

CAPÍTULO IV

Estrategia ambiental para la mitigación de impactos

Las *estrategias ambientales* son planes generales que usualmente se refieren a una variedad de problemas a los cuales se enfrenta un área geográfica. Estas estrategias generalmente se manejan en campos de acción públicos y políticos, donde las consideraciones deben incluir factores económicos, sociales y demográficos. La intervención de la Ingeniería Ambiental es un componente necesario en cualquier estrategia ambiental, especialmente en la evaluación de las respuestas posibles del ambiente a distintos niveles de contaminantes y para ponderar las diferentes soluciones técnicas que puedan proponerse. Por otra parte, las *tácticas ambientales* son los medios para alcanzar los objetivos establecidos en una parte específica de una determinada estrategia ambiental. El papel de la Ingeniería en estas aplicaciones consiste principalmente en el diseño, construcción y operación de instalaciones para el tratamiento y disposición de agua, aire y residuos sólidos (Rowe *et al.*, 1986). En este capítulo se abordará una estrategia ambiental para la zona de estudio, mientras que en el siguiente se definirán las tácticas ambientales.

Una de las principales características de los asentamientos humanos irregulares es su falta de adaptación al medio natural y las caóticas consecuencias que tienen en el largo plazo sobre ellos. Ante una presión demográfica masiva por la ocupación de territorios de las periferias urbanas, las autoridades locales han sido incapaces de contener o regular este proceso anárquico de transformación de usos del suelo y tácitamente lo aceptan, y con el tiempo incorporan obras viales y servicios a los asentamientos irregulares dispersos. Esto tiene una justificación social porque, como han fracasado las políticas agrarias y de distribución económica del gobierno, tienen que abrir un “espacio de tolerancia” para que los ejidatarios, comuneros o pequeños propietarios puedan obtener algún beneficio económico al ofrecer terrenos accesibles a la demanda de bajos ingresos (Bazant, 2004).

Las estrategias de planificación urbana o territorial deben tener como objetivo la reducción de las huellas ecológicas de los asentamientos; para ello, un requisito imprescindible es intentar cerrar los ciclos urbanos de materia y energía con la finalidad de que los residuos vuelvan a convertirse en recursos. Una gestión eficiente debe reducir al máximo el residuo final de materia y energía (César Valdez, 2007).

Una vez que se han estudiado los impactos de las diferentes acciones, se puede proceder a presentar una estrategia que permita mitigar estos efectos para poder elevar la calidad ambiental del Suelo de Conservación, sin perder de vista la parte social de este problema.

Para poder proponer una estrategia se revisaron los diferentes planes de acción que han seguido algunos países con sus asentamientos humanos irregulares. Estas acciones, que van desde lo más radical hasta lo más incluyente, han tenido diversos niveles de efectividad. El hecho de que se conozcan los resultados obtenidos permite tener una idea de las consecuencias que tendrán estas estrategias



4.1 Categorización de los asentamientos en función de sus características urbanas

Antes de proponer cualquier estrategia, se debe hacer una separación entre los asentamientos humanos irregulares a los cuales se les puede dar el carácter de “permanentes” y a aquellos cuya población puede ser reubicada una vez que se desmantelen. Para poder clasificarlos, primero hay que conocer su configuración, pues se requiere de algunas décadas para que se cambien sus características urbanas. Los “usos de suelo” de las poblaciones evolucionan y van adquiriendo características diferentes (según Bazant, 2001):

- *Habitacional rural de menos de 10 viviendas por hectárea* (menos de 50 habs./ha): Este tipo de uso de suelo se refiere a viviendas aisladas o pequeños grupos de dos o tres viviendas dispersos entre sí en el campo y que, por su lejanía de la mancha urbana, sus precarias características constructivas y la nulidad de servicios, son aún consideradas viviendas rurales.
- *Habitacional de baja densidad de 10 a 20 viviendas por hectárea* (de 50 a 100 habs./ha): Típicamente, es el uso de suelo de la “expansión”, es decir, aquel que cubre el mayor territorio con la más baja densidad, esto es, el suelo rural en proceso de conversión a uso urbano sin infraestructura ni servicios. Éste es el uso de suelo predominante de poblados rurales.
- *Habitacional de densidad media de 20 a 40 viviendas por hectárea* (de 100 a 200 habs./ha): Este es el uso del suelo con el que se caracteriza el proceso de “consolidación” urbana; esto es, aquellos lotes que ya tienen infraestructura parcial dan inicio a un proceso de construcción y densificación interna dentro de los lotes para acomodar a los nuevos miembros de las familias, a los hijos que se casan o a parientes que llegan. También los lotes o terrenos que estaban baldíos empiezan gradualmente a ocuparse.
- *Equipamiento*: Este uso del suelo se refiere a la variedad de establecimientos institucionales, generalmente públicos, como lo son: educación, salud, abasto, administración, recreación, infraestructura, cultura, religión y otros, que apoyan el desarrollo de la comunidad.
- *Comercios, servicios y mixto comercial*: Éstos se refieren a los locales comerciales privados en el centro de los poblados y al comercio accesorio a viviendas, así como a talleres de reparación anexos a viviendas y a talleres de oficios también anexos a viviendas que usualmente están concentrados a lo largo de calles principales de los pueblos. No incluye al pequeño comercio de tipo familiar que están dispersos en los barrios y colonias y que por su tamaño tienen poca importancia cuantitativa en los usos de suelo de los pueblos.
- *Industria*: Este uso del suelo se refiere a bodegas, almacenes, talleres y demás estructuras grandes destinadas al almacenaje de productos o al procesamiento industrial. No incluye las edificaciones de giro comercial, ni tampoco a la pequeña industria familiar que se desarrolla en el interior de las viviendas.
- *Vialidad*: Se refiere a todo tipo de calles o vía pública. El aumento de superficie vial se debe principalmente al mejoramiento de las carreteras de acceso que los poblados realizan, que en ocasiones se convierten en avenidas de cuatro carriles, y a la ampliación de algunas calles secundarias internas que van a un equipamiento ubicado en alguna periferia suya, como una escuela, central de abastos o cementerio.



Conociendo las diferentes características que van adquiriendo las poblaciones conforme se consolidan, es posible categorizarlas más fácilmente. Existe un proceso planificador para el territorio del Suelo de Conservación de la Delegación Tlalpan, que forma parte del Programa Delegacional de Desarrollo Urbano de Tlalpan 2005, revisado, modificado y actualizado de acuerdo al Programa General de Desarrollo Urbano 2003 y en concordancia con el Programa General de Ordenamiento Ecológico del DF. Este programa plantea ordenar el territorio de la Delegación en Suelo Urbano y Suelo de Conservación (César Valdez, 2007).

Para los asentamientos humanos irregulares existentes en el Suelo de Conservación de Tlalpan, se define una estrategia de atención, en la que se establece un procedimiento que permite determinar la factibilidad de cambiar el uso del suelo o la posible reubicación. Para ello se plantean tres políticas de atención de los asentamientos: *regulación especial*, *sujetos a estudio específico* y *sujetos a diagnóstico*.

- **Regulación especial:** Esta política aplicará para los asentamientos humanos irregulares señalados en las Normas de Ordenación Particulares del Programa, además de aquellos dictaminados favorablemente en los Estudios Específicos. Se operará a través de la definición de tres zonificaciones normativas: Habitacional Rural (HR), Habitacional Rural con Comercio (HRC) y Habitacional Rural de Baja Densidad (HRB); con normas particulares referentes a lineamientos de compatibilidad con el entorno natural, así como de control del crecimiento urbano, el cual requiere de la elaboración de un estudio para determinar afectación urbana y ambiental.
- **Sujetos a estudio específico:** Esta política se propone para los asentamientos humanos irregulares señalados en las Normas de Ordenación Particulares del Programa, los cuales quedarán sujetos a la elaboración de un estudio específico, además de aquellos que resulten factibles a partir del diagnóstico señalado en Instrumentos de Control.
- **Sujetos a diagnóstico:** Esta política se propone para el resto de los asentamientos que no fueron considerados en los supuestos anteriores.

En la figura 4.1 se muestra el diagrama de flujo que resume el proceso que se lleva a cabo para determinar en qué categoría se debe colocar a cada asentamiento.

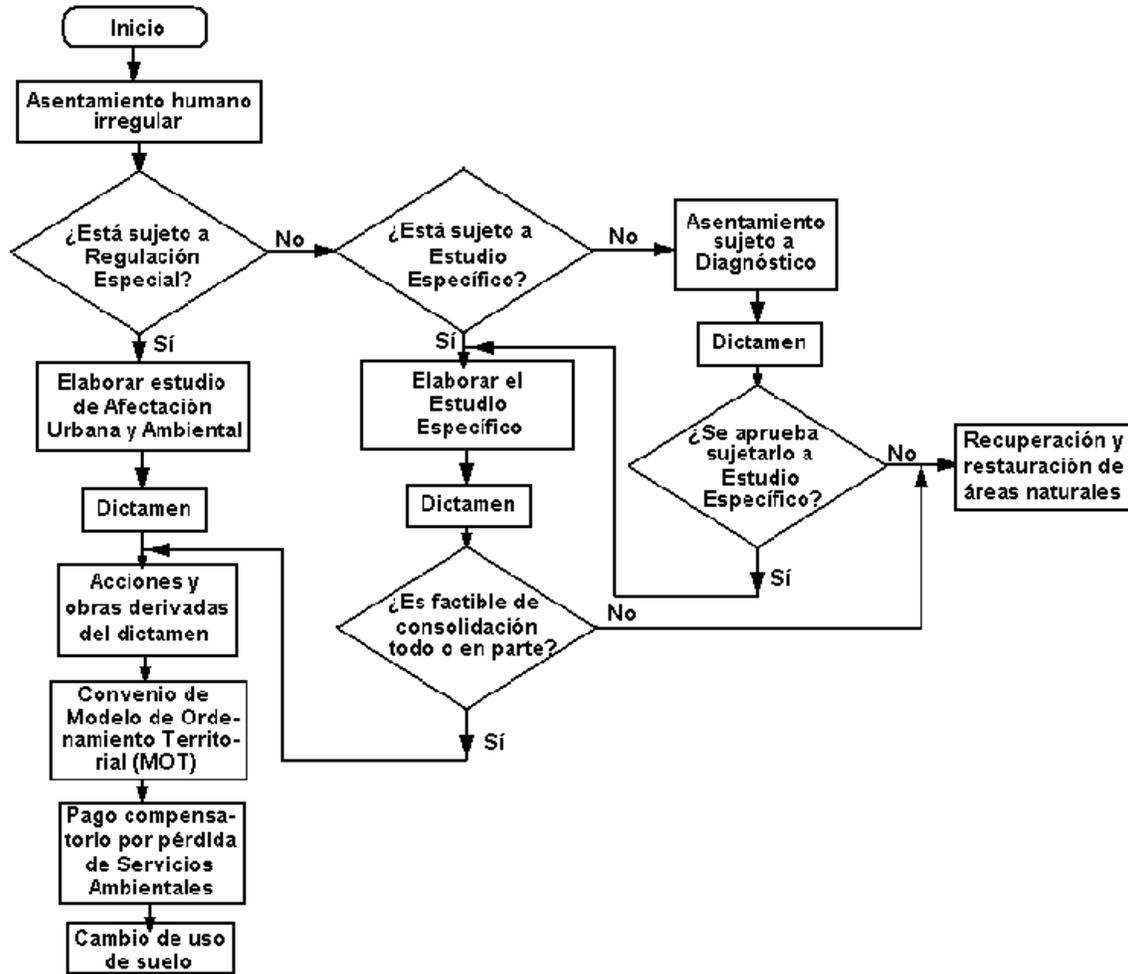


Figura 4.1.- Diagrama de flujo de la estrategia de atención de asentamientos humanos irregulares en el Suelo de Conservación. (Fuente: Enrique César Valdez, 2007)

4.2 Estrategia general para prevenir y controlar los impactos

La estrategia que se propone en esta parte del estudio incluye varios niveles y en cada uno se requiere la acción de una parte de la sociedad. En el primer nivel se ubica el marco legal, que corresponde a los poderes legislativo y judicial; el siguiente nivel es la planeación urbana, que requiere de acciones conjuntas de las autoridades y equipos multidisciplinares, donde se ubica la Ingeniería Civil, entre otras. El último nivel corresponde al seguimiento de uno o varios proyectos surgidos del nivel anterior, que recae en la sociedad, principalmente en los habitantes de los asentamientos humanos irregulares en la zona de estudio. A continuación se presentará una revisión más detallada de cada uno de estos niveles.

Lo primero que se necesita para proteger el Suelo de Conservación del Distrito Federal es una legislación clara y adecuada, que vaya más allá de ser una serie de recomendaciones y que incluya sanciones para las personas que no la respeten. Sin embargo, ningún reglamento es suficiente si no existe una autoridad que vigile su cumplimiento. Desafortunadamente, en materia ambiental, no hay personal ni material de trabajo suficiente para hacer frente a las diversas amenazas al Suelo de Conservación. Este problema se ve aumentado por el hecho de que la



población en general no conoce esta reglamentación ambiental, por lo que no sabe en qué casos las actividades realizadas son ilegales, y por lo tanto, no tiene forma de hacer denuncias.

Por su parte, *la Fiscalía Especial para la Atención de Delitos Ambientales (FEPADA) y la Procuraduría Ambiental y del Ordenamiento Territorial (PAOT) consideran que las escasas denuncias registradas se deben a que la ciudadanía no conoce la legislación en materia. "La gente, en su gran mayoría, no conoce cuáles son las reglas y las normas en materia de protección ambiental y menos todavía que en los últimos años se han hecho más estrictas las sanciones e incluso se han convertido en delitos", expresó Diana Ponce Nava, titular de la PAOT. Sin embargo, Ponce Nava y Samuel Ibarra, titular de la FEPADA, reconocen que además de ser pocas las quejas levantadas no todas derivan en una consignación. Datos de la PAOT señalan que en 2008 se levantaron mil 447 denuncias ciudadanas por la comisión de algún delito ambiental, de las cuales 5 se constituyeron en denuncia penal; en tanto que de 2002 a enero de 2009 presentó 44 denuncias penales, la mayoría por derribo de árboles. En caso de ser un delito, la dependencia se encarga de canalizar las denuncias a la FEPADA, las cuales podrían derivar en consignaciones penales. Estadísticas de la fiscalía indican que en 2007 se registraron 200 averiguaciones previas y 21 consignaciones. En 2009, sólo 10 personas han sido consignadas por estos delitos. [...]Para valorar si fue causado un daño ambiental, la Fiscalía para Delitos Ambientales encarga parte de los diagnósticos de campo a los dictaminadores especializados de la PAOT sin que hasta el momento exista una relación laboral con la Procuraduría de Justicia local. Jaime Hurtado Gómez, subdirector de Dictámenes y Peritajes Ambientales de la Subprocuraduría Ambiental y del Ordenamiento Territorial, informó que de 2007 a 2009 los cinco dictaminadores a su cargo realizaron 67 dictámenes a la FEPADA, 33 de ellos por derribo o poda de árboles. A diferencia de peritos de otras áreas de la PGJDF, el equipo de los peritos ambientales sólo consta de una Laptop y un GPS para dar coordenadas y distinguir el suelo urbano del de conservación. (Reforma, 23 de marzo de 2009).*

El primer nivel de la estrategia propuesta para la prevención debe ser, como lo establece la Ley Ambiental del Distrito Federal, la revisión periódica de las normas, reglamentos y planes en materia ambiental. A la par de estas revisiones, es necesario aumentar el personal encargado de la valoración y seguimiento de los delitos ambientales, así como el equipo y material necesarios. También es fundamental la difusión de leyes, normas y reglamentos referentes a la legislación ambiental entre la población general, tanto para crear conciencia ecológica como para aumentar la observancia ciudadana y, por consiguiente, aumentar las denuncias de los diferentes delitos ambientales. Se debe prestar una especial atención a la educación ambiental desde los niveles de educación básica.

La siguiente actividad a realizar es la planeación de los espacios urbanos, siguiendo los parámetros del desarrollo sostenible, que incluya la recuperación de áreas del Suelo de Conservación donde sea posible, y la implantación de ecotecnias para las viviendas en los núcleos de población ya arraigados, que adquieran el carácter de permanentes, según la estrategia de categorización anteriormente planteada.

En cuanto a la recuperación de espacios del Suelo de Conservación, el desalojo de los ocupantes se deberá hacer de manera cuidadosa. En España, por ejemplo, se sigue un método agresivo para este propósito. A continuación se muestra una noticia que describe las acciones:



Un dispositivo policial sin precedentes en la Región de Murcia, integrado por 250 agentes, logró desmantelar la mañana del 19 de marzo de 2007 los 18 asentamientos ilegales de inmigrantes de Ramonete. Los campamentos, emplazados en la zona montañosa a lo largo de la rambla de Ramonete, estaban ocupados en ese momento por medio centenar de inmigrantes, todos ellos de origen magrebí. Un secretario judicial era el primero en introducirse en los campamentos para comunicar la orden de desalojo de las chabolas. A partir de ese momento, sus ocupantes eran identificados e introducidos en los furgones, desde donde eran trasladados hasta el centro de operaciones; allí se procedía a comprobar su situación en el país. Quienes contaban con la documentación acreditativa de estancia legal en España eran dejados en libertad, mientras que al resto se les tomaban las huellas para determinar su identidad. Estos últimos también fueron interrogados con la ayuda de traductores. La retirada de enseres y de los inmigrantes dejaba paso a media decena de excavadoras y camiones que procedían al derribo inmediato de todas las chabolas. También las viejas viviendas casi derruidas a las que estaban adosados los campamentos eran tiradas abajo para evitar que volviesen a ser ocupadas por los inmigrantes. (Fuente: www.laverdad.es) Aunque no se han encontrado noticias posteriores acerca de este desalojo, parece ser que esta estrategia ha dado resultado, ya que antes del operativo había un gran número de demandas de los habitantes de esta zona. Sin embargo, no se ofrece ninguna alternativa de vivienda para las personas desalojadas, independientemente de su situación migratoria. Esto, más que resolver el problema de los asentamientos humanos irregulares, lo traslada a otro punto, pues esta gente necesita de un lugar para poder vivir.

En tanto, en México, para poder reubicar a los habitantes de los asentamientos humanos irregulares es necesario formar un programa que estimule la emigración desde el Distrito Federal hacia otros estados de la República. Aunque esta parte de la estrategia podrá brindar resultados visibles sólo a largo plazo, se deben sentar las bases para disminuir o incluso revertir el flujo de migración hacia la capital del país.

La clave para cualquier programa de reubicación de población consiste en estudiar los hábitos y actividades de la comunidad específica; para que haya aceptación a estos proyectos se deben considerar aspectos muy sutiles que pueden estar muy alejados de lo que dicen las estadísticas, la economía o el urbanismo. La falta de interés por convertirse en parte de la "comunidad legal", las actividades políticas que pueden oponerse al programa e incluso intereses minoritarios, que a menudo incluyen los de grupos criminales, son algunos de los puntos muy particulares que hay que tener en cuenta cuando se ofrece el proyecto, porque es probable que puedan obstruir el resultado que se desea.

Otro aspecto determinante es la viabilidad económica. Los programas de vivienda, que implican inversiones importantes a plazos largos, requieren de una planeación eficaz de los recursos financieros. Un error de cálculo implicaría la posibilidad de fracaso del proyecto, lo que acarrearía el empeoramiento del problema y la restricción a soluciones futuras. La sostenibilidad económica de un proyecto de vivienda depende en gran medida de la capacidad de pago de la población objeto del programa; se deben proyectar viviendas dignas, que al mismo tiempo no requieran de un alto porcentaje de capital subsidiado.

Estos dos factores fueron determinantes en los resultados del Proyecto Cingapura, en Sao Paulo, Brasil, que tuvo base en una estrategia implantada en Singapur. La premisa de este



proyecto era proporcionar, de forma sostenida, programas de alojamiento para la población marginal que habita áreas urbanas de alta densidad. La idea global fue la *verticalización* (edificios residenciales en altura) que permite el realojo de la gente en el mismo lugar en el que vivían, evitando desplazamientos innecesarios que, con certeza, romperían sus vínculos sociales (trabajo, relaciones con la comunidad, servicios sociales...). Se trataba de un programa eminentemente social, orientado a rescatar a los ciudadanos de zonas chabolistas permitiéndoles el acceso a las infraestructuras y a todos los servicios públicos, creando al mismo tiempo las condiciones necesarias para la institucionalización de su medio ambiente y la regularización del estado de propiedad de la tierra (Fuente: http://www.e-local.gob.mx/wb2/ELOCAL/ELOC_Proyecto_Cingapura_Programa_de_Urbanizacio_e_V). Sin embargo, esta propuesta del gobierno municipal, seleccionada en el Concurso de Buenas Prácticas patrocinado por la UNESCO en 1996, no tuvo el resultado que se esperaba; los principales problemas fueron el financiamiento, el incremento en los costos unitarios, la falta de estudio de la forma de vida de los habitantes y un plan de urbanismo deficiente, debidos principalmente a la urgencia por empezar y conseguir la aprobación de la población afectada, además de la necesidad de urbanizar las áreas más densas (Fuente: www.arquitectosdecadiz.com).

En México, a nivel federal, existe un programa de la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL) que recibe el nombre de Hábitat-SEDESOL, que surgió del Programa de Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos (ONU-HABITAT). El Mandato establecido por la Asamblea General de las Naciones para UN-HABITAT es promover pueblos y ciudades social y ambientalmente sostenibles con el objetivo de proporcionar una vivienda adecuada para todos. Sus actividades se enfocan en torno a cuatro funciones estratégicas:

- **Asesoría política** que favorezca la atención de los problemas en los rubros de asentamientos humanos y vivienda.
- **Investigación y monitoreo** de las condiciones y de los avances en la instrumentación de la Agenda Hábitat, así como de soluciones y prácticas innovadoras para el desarrollo y mejoramiento de los asentamientos humanos.
- **Aumento de las capacidades y capacitación** para fortalecer los recursos humanos e institucionales en la elaboración de planes de desarrollo y manejo de los asentamientos humanos, en coordinación con los gobiernos locales.
- **Programas de cooperación técnica** con gobiernos nacionales y locales mediante acciones que favorezcan los planes y programas de mejoramiento y desarrollo de asentamientos humanos (Fuente: http://www.onuhabitat.org/index.php?option=com_content&view=article&id=88&Itemid=82).

El programa Hábitat-SEDESOL articula los objetivos de la política social con los de la política de desarrollo urbano y ordenamiento territorial del Gobierno Federal, para contribuir a reducir la pobreza urbana y mejorar la calidad de vida de los habitantes de las zonas urbanas marginadas. Este programa apoya con subsidios federales diversas obras y acciones que combinan el mejoramiento de la infraestructura urbana básica, el fortalecimiento de la organización y participación social, y el desarrollo de capacidades individuales y comunitarias. Los subsidios federales se complementan con recursos de los gobiernos de las entidades federativas, de los municipios y, en su caso, de los beneficiarios (Fuente: <http://www.sedesol.gob.mx/index/index.php?sec=802163>).



En Chiapas, el 17 de septiembre de 2009 se inauguró la “primera ciudad rural sustentable en el mundo” tanto en el aspecto ecológico como en el económico. A continuación se presenta la nota periodística: *La ciudad Nuevo Juan de Grijalva nace de las vicisitudes propias de una tragedia: el deslave que el 7 de noviembre de 2007 borró del mapa a la comunidad Juan de Grijalva, y dejó un saldo de 30 personas muertas. [...] Conforme a los planes oficiales, Nuevo Juan de Grijalva albergará inicialmente a 400 familias, pero después la cifra llegará a 5 mil 618 personas de 33 comunidades. [...] Nuevo Juan de Grijalva se asienta en lo que antaño era un páramo. Cincuenta hectáreas fueron donadas por el Gobierno estatal, y se recibieron aportaciones del Gobierno federal (570 millones de pesos) y de BBVA Bancomer, Fomento Social Banamex, Fundación Azteca, Teletón, Cooperativa Cruz Azul y el Instituto Carso, entre otras instituciones privadas. Unos 20 kilómetros separan a la nueva comunidad del punto donde una inmensa ola de lodo arrasó con Juan de Grijalva; a decir del Gobernador de Chiapas, Juan Sabines, su ubicación fue concebida a partir de la voz de las mujeres del pueblo desaparecido. [...] En la nueva ciudad rural vivirán 5618 personas de 33 comunidades del municipio de Ostucán, Chiapas, de los cuales al menos 1261 son damnificados del derrumbe que se registró en 2007; más de 4 mil serán reubicados porque vivían en comunidades dispersas o zonas de riesgo; otras tres ciudades rurales albergarán a la población afectada por la emergencia en el Grijalva: "Santa Ana", en Ostucán; y "Tecpatán" y "Mezcalapa", en Tecpatán; también se construirán las ciudades rurales "Jaltenango", en el municipio de Ángel Albino Corzo, y "Ixhuitán", "Berriozábal" y "Copainalá", en los municipios del mismo nombre. El Gobierno del estado pretende construir un total de 25 ciudades rurales.* (Fuente: **Reforma**, 18 de septiembre de 2009).

La Ciudad Rural Sustentable Nuevo Juan de Grijalva es la primera que cumple con los ocho Objetivos de Desarrollo del Milenio (*Garantizar la sostenibilidad del medio ambiente, Garantizar la educación, Reducir la mortalidad infantil, Mejorar la salud, Combatir el VIH/SIDA y otras enfermedades como el paludismo, Fomentar una asociación mundial para el desarrollo, Reducir los porcentajes de personas con ingresos inferiores y Promover la equidad de género*), además del Objetivo Principal de las Naciones Unidas (*Erradicar la pobreza extrema y el hambre*) y atiende las causas estructurales de la pobreza, la marginación y los bajos índices de desarrollo humano. A continuación se presenta un resumen de la infraestructura urbana, de vivienda, de desarrollo social y económica productiva con la que cuenta esta nueva ciudad (Fuente: **El Universal**, 18 de septiembre de 2009).

- Vivienda: las 410 viviendas de 60 metros se encuentran en un predio de 300 m² y están construidas con adoblock en los muros, que tiene una resistencia mayor al block normal y láminas especiales en el techo, que permiten una temperatura 4 grados debajo de la temperatura ambiente, ideal para sitios de clima cálido. Cuenta con opciones de traspatio, desde cría de conejos y aves de corral, plantación de árboles frutales, hortalizas y herbolaria. Esto permite que las familias tengan autonomía alimentaria en sus hogares.
- Posada rural: es una fuente de empleo para 6 socios. Cuenta con 8 habitaciones con baño, comedor y recámara, además de administración y lavandería, por lo que también generará empleos derivados del turismo rural.
- Torre de transmisión: permitirá que los habitantes cuenten con servicios de Internet y telefonía para la Clínica de Salud, el CEBECH y la Torre Azteca.



- Red de distribución eléctrica: se pretende garantizar la sostenibilidad del medio ambiente con la red subterránea, alumbrado público, 238 luminarias e iluminación con celdas fotovoltaicas.
- Sistema de agua potable y drenaje sanitario: la ciudad cuenta con una planta de agua potable, red de drenaje sanitario y planta de tratamiento de agua.
- Centro de Desarrollo Comunitario y Centro de Asistencia Infantil: cuentan con salones de usos múltiples, biblioteca, aulas para alfabetización, juegos infantiles, guardería, consultorio médico y una Procuraduría de la Defensa de la Familia y Adopciones.
- Centro de Educación Básica (CEBECH): atenderá a 800 niños de 11 comunidades; se podrá cursar desde el grado preescolar hasta secundaria. Cuenta con 46 computadoras, 240 pupitres, 29 pizarrones, 40 restiradores, equipo audiovisual, laboratorio y talleres de actividades productivas.
- Centro de Salud con Servicios Ampliados: su capacidad de atención es de aprox. 5 mil personas, tiene consultorios de medicina general, odontología y medicina preventiva, así como una sala de procedimientos, farmacia e incubadora, entre otros servicios.
- Corredor comercial: pretende generar empleos remunerables en el sector no agrícola. Contará con panadería, tortillerías, estéticas y diversos servicios.
- Plantas procesadoras: ya están consolidadas la planta fermentadora y secadora de cacao, la planta empacadora de tomates y la procesadora de lácteos. Además existen 8 invernaderos, una planta productora de quesos, una procesadora de cacao y tres granjas apícolas.

Aunque se trata de un proyecto que apenas arranca, se pretende que sirva de ejemplo para comunidades de todo el país, donde se pueda reubicar a las personas de zonas dispersas. Este mismo proyecto puede ser aplicable en la creación de comunidades para reubicar a los habitantes de los asentamientos humanos irregulares de diferentes lugares, especialmente los que se encuentran en la zona de estudio.

En el Distrito Federal, para solucionar los problemas de vivienda para personas de escasos recursos, se creó el Instituto de Vivienda del Distrito Federal (INVI), que actúa siguiendo los ejes estratégicos del Programa General de Desarrollo del Distrito Federal para el periodo 2007-2012, *tomando medidas concretas orientadas bajo un enfoque de equidad, competitividad, sustentabilidad y desarrollo, procurando que la construcción de vivienda social obedezca a las necesidades del ordenamiento territorial de los asentamientos humanos, y contribuya a la generación de empleo, desarrollo productivo y económico* (www.invi.df.gob.mx/portal/haciendo.aspx). Este programa cuenta con varios programas de ayuda, entre los cuales destaca el Programa de Suelo, que consiste, en palabras del propio organismo, *en la conformación y consolidación de una Bolsa de Suelo Urbano e Inmuebles Habitacionales con viabilidad técnica, financiera y jurídica para el desarrollo habitacional, que evite la especulación del suelo urbano y el crecimiento urbano en zona de reserva, en concordancia con los programas de desarrollo urbano y de ordenamiento ecológico* (<http://www.invi.df.gob.mx/portal/programas.aspx>). Cabe resaltar que en sus proyectos se impulsa el uso de ecotecias para desarrollar viviendas sustentables. Además, el INVI cuenta con convenios con diferentes instituciones, empresas y delegaciones que resultan en beneficios para las personas, o grupos de población específicos, que hacen uso de los planes de crédito.



Dentro de estos convenios se encuentra el celebrado con la Delegación Tlalpan, donde se pretende alcanzar la desaparición gradual de 191 asentamientos humanos irregulares y la reubicación de sus pobladores, diferenciando entre personas que han comprado de buena fe y personas que sólo buscan beneficiarse lucrando con invasiones de predios en suelo de conservación. Para este fin se adquirieron predios de reserva territorial con fondos etiquetados por la Asamblea de Representantes del Distrito Federal que alcanzan los 90,000 metros cuadrados, como el Paraje Tetenco para edificar 262 viviendas, el predio Solidaridad donde se proyecta construir 161 departamentos, y el predio la Palma, en San Andrés Totaltepec que actualmente se encuentra en estudio.

El 3 de agosto de 2009 culminó el proceso de adjudicación de 89 viviendas en el proyecto habitacional denominado Hueytlalpan, sorteadas entre beneficiarios del programa de reubicación. Las viviendas, pies de casa de 36 metros, están diseñadas para un crecimiento a mediano plazo, sobre un predio que alcanza los 110 metros cuadrados, y para dicho crecimiento los colonos recibirán financiamiento del INVI (Fuente: http://www.tlalpan.gob.mx/noticias_suelo.html).

4.3 Estrategia para el saneamiento básico

Una vez que se han sentado las bases de la prevención y el control, se deben analizar las formas de recuperar paulatinamente el equilibrio del ecosistema invadido dentro del Suelo de Conservación. Este problema se presenta tanto dentro como fuera de nuestro país y muchas comunidades han encontrado y aplicado diferentes medidas que propicien el saneamiento. A continuación se presentan y analizan algunas de estas estrategias con la finalidad de proponer una estrategia para el lugar de estudio.

En Canadá surge el primer ejemplo presentado: se trata del corredor ribereño Rideau Canal, un proyecto que empezó como una forma de rescatar el paisaje y las orillas del canal Rideau, abierto en 1832 para conectar las ciudades de Ottawa y Kingston, uniendo el río Ottawa con el lago Ontario. Debido al ritmo del crecimiento urbano, la calidad ambiental de esta región se vio severamente amenazada, por lo que al principio de la década de 1990, la división de la Región de Ontario de Parks Canada contrató a la consultora Ecologistics Limited para preparar un documento de discusión *donde se propusieran enfoques innovadores de la promoción y el uso del suelo que contribuyeran a proteger e incrementar los valores patrimoniales de los corredores, permitiendo al mismo tiempo un desarrollo sostenible* (Ecologistics Limited, 1992). Este proyecto se apoyó en una serie de imágenes concretas: en primer lugar, una instantánea de las condiciones ambientales y de desarrollo existentes; en segundo lugar, una ilustración de lo que podría ocurrir si el desarrollo prosiguiera según las actuales pautas de planeamiento, a las que se denomina "enfoque habitual"; en tercer lugar, un "escenario creativo" que ilustra una amplia gama de alternativas posibles. El enfoque creativo explora modos de desarrollar las periferias urbanas manteniendo los mismos usos que el enfoque habitual. Con el desarrollo sostenible como objetivo, el enfoque creativo incorpora técnicas de planeamiento tales como agrupamientos residenciales, servidumbres de conservación, zonas monumentales, sistemas comunitarios de alcantarillado, playas y muelles comunales, límites a las envolventes de perturbación, sociedades de gestión de suelos comunitarios y propiedad comunal de orillas.



(Fuente: http://www.e-local.gob.mx/wb2/ELOCAL/ELOC_Escenario_de_desarrollo_de_usos_de_suelo_para).

Actualmente, el Rideau Canal es un punto turístico muy importante que incluso fue declarado Patrimonio de la Humanidad por la UNESCO en 2007. Se le ha dado una gran importancia a la conservación de los ecosistemas naturales de la región sin que por esto se hayan hecho desalojos o reubicaciones de los habitantes que ya ocupaban estos terrenos. Existen muchos reglamentos, tanto para las personas que habitan las riberas como para los pequeños comercios y lugares de hospedaje, así como una guía para los turistas con sugerencias para el cuidado de los ecosistemas. Los mismos pobladores, así como diferentes organizaciones sin fines de lucro tienen una participación activa en la conservación de los ecosistemas, junto con Parks Canada. Ellos mismos lo describen así: *Una de las características agradables del Rideau es que no se trata de un ambiente monocromático, sino de una mezcla de varios tipos de ecologías. La mayoría de ellas no están segregadas, usualmente se muestran lado a lado. Es común, mientras se recorre el Rideau en bote, pasar frente a una gran casa veraniega con césped cuidado y girar a una bahía sin ningún desarrollo de viviendas. [...] Es una fortuna que una gran parte del canal pase por el lecho rocoso de Frontenac Axis, un terreno que hoy es más apropiado para el desarrollo de cabañas que para el desarrollo urbano y de granjas. Las asociaciones activas de los lagos, así como los programas de educación ambiental están ayudando a reducir el impacto del desarrollo de viviendas, permitiendo que los habitantes y el ambiente natural puedan coexistir.* (Fuente: www.rideau-info.com/canal/ecology/article-ecology.html)

Teniendo como ejemplo el Rideau Canal, una estrategia para el saneamiento básico puede tener como base a la misma población de los asentamientos humanos que ya se encuentran más arraigados. Respetando las especies vegetales y animales endémicas y aplicando ecotecias en las viviendas, incluso se pueden aprovechar estos asentamientos para propiciar el ecoturismo en la zona, lo que también brindaría la oportunidad de tener actividades económicas dentro del mismo núcleo de población.

Un ejemplo mexicano de comunidades que se unen para mejorar el ecosistema donde habitan se encuentra en la Mixteca Oaxaqueña, conocida por ser una de las regiones más pobres del país. A principios de la década de 1980, un campesino indígena llamado Jesús León Santos se decidió a cambiar la región, que presentaba una fuerte erosión, introduciendo un programa de renovación de tierras y desarrollo económico utilizando antiguas técnicas agrícolas indígenas. Fundó una organización ecologista dirigida por los mismos campesinos de la región llamada Centro de Desarrollo Integral Campesino de la Mixteca (CEDICAM). En 2008 Jesús León Santos fue galardonado con el Premio Ambiental Goldman para Norteamérica, otorgado cada año a diferentes personas en 6 regiones del mundo. A continuación se describen brevemente sus logros, tal como los describen los organizadores de este premio: *León y CEDICAM ahora trabajan con más de mil 500 campesinos en doce comunidades. Han sembrado más de un millón de árboles y reforestado más de mil hectáreas. Sus programas de agricultura sostenible han llevado a la conservación de unas dos mil hectáreas. Es más, han logrado proteger cinco mil hectáreas con terrazas y muros de piedra, lo cual ha aumentado en un 50 por ciento la producción agrícola y conseguido una mayor retención del agua y de la capa superior del suelo, redundando en beneficios ecológicos, sociales y económicos. Donde no hace mucho tiempo sólo el 25 al 30 por ciento de la tierra era cultivable, las comunidades ahora cultivan más del 80 por*



ciento de ésta. Las zanjas de contorno que impiden el escurrimiento de las aguas pluviales han llevado a un aumento del 50 al 100 por ciento en los niveles de los manantiales. Los agricultores de toda la zona han dejado atrás el uso de fertilizantes y pesticidas industriales, y ahora usan abonos compostados y variedades de semillas nativas, a la vez que retornan al consumo de alimentos locales y a una dieta indígena tradicional. En una zona semiárida como la Mixteca, todos estos cambios han mejorado enormemente la vida en las comunidades de toda la región, y en consecuencia reducido la emigración. (Fuente: <http://www.goldmanprize.org/node/733>).

La clave del éxito de esta iniciativa fue que León fomentó que se revalorara el papel del campesino, recuperando la agricultura de pequeña escala. Comenzó a aplicar métodos agrícolas sostenibles con un pequeño grupo de gente y los vecinos, al darse cuenta de los resultados reales que se obtenían, se convirtieron también a la agricultura sostenible.

Con estos ejemplos se puede afirmar que cualquier estrategia que se proponga debe considerar a los pobladores de los asentamientos humanos irregulares más arraigados como los actores principales en el saneamiento, pues una vez que los habitantes se convencen de que las medidas o proyectos traen como resultado una mejor calidad de vida, es más fácil llegar a un equilibrio con el ecosistema.

Por ejemplo, para propiciar este equilibrio, la Delegación Tlalpan ha emprendido una serie de acciones, entre las cuales destaca la construcción y operación de una olla de captación y almacenamiento de agua de lluvia con una capacidad aproximada de 15 millones de litros, la más grande en su tipo en el Distrito Federal, ubicada en el ejido San Nicolás Totolapan. El agua recolectada será potabilizada y se utilizará posteriormente para abastecer de este líquido a 44 colonias y 8 pueblos del Ajusco Medio.

Otras acciones comprenden la construcción de presas de gavión, terrazas de geocostales y presas de mampostería para contener el caudal del Río Eslava, lo que controla la erosión del suelo por efecto de la lluvia y el viento y propicia la captación de agua hacia los mantos freáticos y que a mediano plazo acarreará recuperación del suelo y, por consiguiente, de flora local (Fuente: http://www.tlalpan.gob.mx/noticias_protec_med_amb.html).

CAPÍTULO V

Sistemas descentralizados para la evacuación y tratamiento del agua residual

En el presente capítulo se analizarán diferentes tácticas ambientales que puedan ser usadas en la mitigación de los impactos ambientales derivados del manejo del agua residual en la zona de estudio.

Un sistema descentralizado de manejo de aguas residuales puede definirse como la recolección, tratamiento y vertimiento o reutilización de aguas residuales provenientes de hogares, conjuntos habitacionales, comunidades aisladas, industrias o instituciones, así como también de sectores de comunidades existentes cerca del punto de generación de residuos. Los objetivos de los sistemas descentralizados de manejo de aguas residuales son: proteger la salud pública, proteger de la degradación o de la contaminación al ambiente receptor, y reducir los costos de tratamiento mediante la retención de aguas y sólidos cerca de su origen, reutilizándolos (Tchobanoglous *et al.*, 2000).

Dado que una red completa de alcantarillado y tratamiento de agua residual no es posible para muchos habitantes, por razones tanto de tipo geográfico como económico, el manejo descentralizado de aguas residuales adquiere gran importancia para el manejo futuro del ambiente. Las situaciones en las que la gestión descentralizada de aguas residuales debe considerarse o seleccionarse (según Tchobanoglous *et al.*, 2000), son:

- Cuando la gestión y operación de los sistemas locales existentes deben ser mejoradas.
- Cuando los sistemas individuales locales han fracasado y la comunidad no puede afrontar el costo de un sistema convencional de manejo de aguas residuales.
- Cuando la comunidad o las instalaciones están distantes de otros alcantarillados existentes.
- Cuando es posible reutilizar el agua.
- Cuando el agua fresca para abastecimiento es escasa.
- Cuando la capacidad de la planta de tratamiento de aguas residuales es limitada y no se dispone de financiamiento para una ampliación.
- Cuando, por razones de tipo ambiental, la cantidad del efluente vertido debe ser restringida.
- Cuando la ampliación de las instalaciones de recolección y tratamiento implica una interrupción innecesaria de las actividades de la comunidad.
- Cuando las condiciones locales o ambientales que exigen un tratamiento adicional de las aguas residuales o el transporte de las mismas están aisladas de ciertas zonas.
- Cuando la densidad residencial es baja.
- Cuando la regionalización requiere una anexión política, que no será aceptada por la comunidad.



- Cuando los constituyentes específicos de las aguas residuales son tratados o alterados en forma más apropiada en el punto de generación.

Por las características de los asentamientos humanos irregulares en la zona de estudio, tales como la baja densidad de población, la escasez del agua potable y las características ambientales de la zona, entre otras, se puede afirmar que la mejor alternativa para la disposición de agua residual es un sistema descentralizado.

Reconociendo que las disponibilidades para la operación y mantenimiento son con frecuencia limitadas, el desarrollo de tecnologías se ha enfocado en los sistemas descentralizados, los cuales se caracterizan por su bajo consumo de energía, mano de obra y mantenimiento. Sin embargo, debe destacarse que, aun cuando la mayoría de estos sistemas requieren poco mantenimiento, no pueden dejarse totalmente desatendidos, para evitar posibles fallas. Lo más recomendable es que se designe a una entidad responsable de su manejo.

5.1 Sistemas de evacuación de agua residual y pluvial

Actualmente, la Ciudad de México atraviesa por un periodo de sequía, donde los sistemas de abastecimiento de agua potable están probando ser insuficientes para toda la población. Una parte de este problema es la sobreexplotación del acuífero, pues las zonas donde se podría presentar una recarga natural se encuentran obstruidas con materiales que evitan esta importante infiltración. Esta disminución acarrea hundimientos en diferentes zonas, que entre otras consecuencias, provoca fracturas a las tuberías de conducción de agua potable y la pérdida de grandes cantidades de este vital líquido, aumentando así el desabasto.

Por otro lado se encuentra el problema recurrente de encharcamientos, inundaciones moderadas y desbordamiento de alcantarillas durante la temporada de lluvias, debido a la saturación del sistema de drenaje. Ambos problemas se encuentran relacionados por el sistema de alcantarillado combinado de la Ciudad, que mezcla las aguas residuales con las aguas pluviales.

El sistema de drenaje combinado implica un costo enorme, ya que debe tener la capacidad de canalizar aguas pluviales en los tres meses que dura la temporada de lluvias, y trabajar los nueve meses del año restantes con capacidad sobrada (Bazant, 2001).

5.1.1 Recolección y evacuación del agua residual

En muchas áreas, el uso de alcantarillados convencionales de flujo por gravedad puede no ser económicamente factible por razones de topografía, suelos estructuralmente inestables y condiciones rocosas. Además, en pequeñas comunidades sin alcantarillado, los costos de instalación de este tipo de alcantarillado son prohibitivos, en especial donde la densidad de población es baja. Para superar estas dificultades existen alternativas como: alcantarillados de diámetro pequeño y pendiente variable, alcantarillados a presión (con o sin bombas trituradoras), y alcantarillados a vacío. Dado que los problemas de infiltración y aportes incontrolados son eliminados al usar sistemas de recolección alternativos, el tamaño de estos sistemas hace que resulten más económicos. Los bajos costos para el manejo de sólidos y la



recolección más económica de los efluentes son puntos a favor para ser considerados en los sistemas descentralizados (Tchobanoglous *et al.*, 2000).

Las aguas residuales provenientes de residencias individuales y otras instalaciones comunitarias en localidades sin alcantarillado son usualmente administradas por sistemas locales de tratamiento y disposición. A pesar de que las aguas negras y las aguas grises por lo general se combinan, algunas veces pueden ser separadas para un mejor aprovechamiento. La primera táctica que se propone para este apartado se basa precisamente en esta separación.

Algunas diferencias entre aguas grises y aguas negras son: las aguas grises proceden de regaderas, lavabos y lavado de ropa, mientras que las negras son de inodoros y urinarios; las aguas grises contienen menos nitrógeno (nitrito y nitrato) que las aguas negras; las aguas negras tienen un alto contenido de materia orgánica y celulosa (papel higiénico); las aguas negras, debido a la fracción orgánica de los residuos que arrastra, tiene una elevada concentración de patógenos en comparación con las aguas grises; el reducido contenido orgánico que tienen las aguas grises se descompone mucho más rápidamente que el contenido orgánico de las aguas negras que continúan demandando oxígeno (DBO_5) mucho tiempo después de proceder a su desagüe; los importantes contenidos en fósforo, potasio, etc. de los detergentes disueltos en las aguas grises, hacen que estas aguas sean una excelente fuentes de nutrición para las plantas cuando se utilizan en el riego.

Cuando se reutilizan las aguas grises en los edificios donde se producen, se consigue reducir de un 30 a un 45% el consumo total de agua potable, así como disminuir el volumen de vertido de las aguas residuales. Es posible utilizarlas en actividades que no precisan el consumo de agua potable, como pueden ser el desagüe de inodoros (donde se consumen de 6 a 8 litros de agua potable en cada descarga), el riego de la jardinería o la limpieza de determinados recintos o locales. Una de las maneras en que pueden ser utilizadas las aguas grises requiere instalaciones de aprovechamiento directo o descentralizado. Dichas instalaciones conectan entre si diferentes puntos de producción con los puntos de consumo. Gracias a estas instalaciones es posible reducir los primeros tramos de desagüe de las redes de saneamiento edificatorio, así como de conseguir los pertinentes ahorros en abonos en jardinería, recursos hídricos y energéticos. Un esquema que ejemplifica el uso directo se muestra en la figura 5.1 (Fuente: http://editorial.cda.ulpgc.es/instalacion/7_OPTATIVAS/IHA/IHA1_saneamiento/IHA13_Novedades/IHA132.htm).

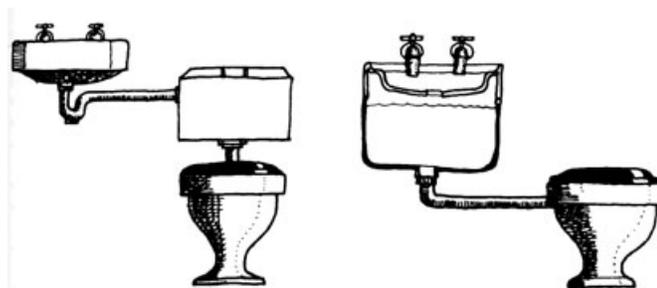


Figura 5.1.- Ejemplos de utilización directa de aguas grises procedentes de un lavabo en un inodoro.



5.1.2 Recolección y evacuación del agua pluvial

Por situarse en un valle, la ZMCM dispone de una considerable cantidad de recursos hídricos provenientes de la lluvia (con una tasa de casi 700 mm de precipitación media anual) que no puede almacenarse ya que se redujeron sustancialmente las superficies lacustres del valle, ni se pueden recargar los acuíferos porque al revestir las calles y construir lotes, el agua no se filtra, sino que se escurre hacia partes bajas por lo que se desaloja para evitar inundaciones y daños materiales en la ciudad. La extracción que se efectúa del acuífero subterráneo es superior a la de su recarga, pues se calcula que se extraen por año 438 millones de m³ y la recarga es de únicamente 350 millones de m³ por año, con lo cual se tiene un déficit de almacenamiento de 88 millones de m³ por año (Bazant, 2001).

En las viviendas de los núcleos de población ya arraigados en la zona de estudio, es posible adaptar ecotecnias que permitan recuperar el agua pluvial para su futura utilización, ya sea para recarga del acuífero o para el uso humano.

Es importante mencionar que en la Delegación Tlalpan, en los Modelos de Ordenamiento Territorial, las calles se pavimentan con roca basáltica. Debido a sus características físicas, como su baja permeabilidad, el agua de lluvia escurre hasta la carretera, donde posteriormente es canalizada al sistema de alcantarillado. De este modo se pierden valiosos litros de agua pluvial que de otro modo habrían podido infiltrarse naturalmente para recargar el acuífero, sin mencionar que posiblemente se está afectando una zona virgen de donde se esté desmontando para la explotación de la roca a cielo abierto. Además, este empedrado en las calles hace más difícil la integración posterior de sistemas (centralizados o descentralizados) de abastecimiento de agua potable y de manejo de aguas residuales y pluviales.

Infiltración del agua de lluvia

La primera táctica propuesta para este apartado consiste en la utilización de concreto ecológico (también llamado “ecocreto” o “econcreto”), el cual puede usarse para pavimentar superficies de uso vehicular y peatonal, en donde se requiera tener áreas permeables permitiendo que el agua de lluvia se infiltre libremente al subsuelo. Otra de las funciones es la de captar a través de toda su superficie el agua pluvial para canalizarla a depósitos de almacenamiento y darle un uso posteriormente (Fuente: http://www.concretoecologico.com.mx/usos_aplicaciones.html).

Entre las ventajas del concreto ecológico se encuentran la de no generar islas de calor, un fenómeno presente en el asfalto y el concreto hidráulico debido a la reflexión de la luz. Además, conserva las características de resistencia a la compresión y a la flexión, tiene un peso volumétrico entre 20% y 25% menor que el concreto tradicional y su índice de fisuras es menor en un 25% debido a la baja retracción por el índice de vacíos contenidos en comparación a un concreto convencional.

Dado que el Suelo de Conservación es una zona fundamental para la recarga del acuífero, el uso del concreto ecológico en las calles y banquetas de los asentamientos humanos que



adquieran el carácter de permanentes permitiría recuperar parte de la superficie de infiltración.

Captación del agua de lluvia para uso humano

La siguiente táctica propuesta es la captación del agua pluvial en los techos. Ésta es recomendable especialmente en zonas de alta precipitación pluvial, donde hay techos con grandes áreas o si se tiene espacio suficiente para almacenar toda el agua que es posible captar. Un sistema de recolección de agua diseñado apropiadamente puede proporcionar suficiente agua para satisfacer las necesidades de agua para la cocina, el aseo y otras actividades de una familia, como el riego, disminuyendo el uso de agua potable donde no se requiere.

Un ejemplo de un sistema de captación de agua pluvial se encuentra en el Ecoparque Nogueras, que consiste en un área captación de agua pluvial de 72 m² y dos depósitos a desnivel con capacidad de 70,000 litros cada uno, ubicados en el área de talleres y usos múltiples del Ecoparque Nogueras en la Exhacienda del mismo nombre, municipio de Comala, Colima, México. El agua para uso de los sanitarios proviene directamente de la almacenada al llover. Como un agregado especial las regaderas brindan agua caliente todo el año gracias a un sistema de calentamiento solar instalado junto al de captación de agua pluvial. Además, el agua captada también se utiliza en el riego de 7,500 m² en un parque de educación ambiental; cada tercer día se riegan tres cuartas partes del Ecoparque (lo que incluye la áreas verdes) utilizando 3,500 litros por sesión al día, lo que representa 10,500 por semana y 42,000 litros al mes. Entre las ventajas de este sistema está la mejor calidad del agua de lluvia comparada con el agua de la red municipal, que contiene sales empleadas en cultivos y cloro utilizado para potabilizarla. El único obstáculo que tiene este proyecto son los periodos de estiaje cada vez más frecuentes (Fuente: http://static.rnw.nl/migratie/www.informarn.nl/informes/medioambiente/act070313_preciodelagua-redirected).

Al sur del país, en el estado de Chiapas, existe otro sistema de captación que sirve para abastecimiento de agua potable para un poblado. Este sistema de colección de agua de lluvia (CALL) fue construido por la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Chiapas y el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA), con el apoyo financiero de la Agencia Española de Cooperación Internacional (AECI), en la comunidad indígena Tzotzil de Yalentay, ubicada en el municipio de Zinacatán, Chiapas. El CALL, que tiene aproximadamente 9 años en funcionamiento, suministra agua de calidad a los 500 habitantes, que de otro modo tendrían que caminar kilómetros de distancia sobre una topografía abrupta para conseguir agua, la mayoría de las veces de mala calidad.

La captación de agua de lluvia se hace en el propio techo de la cisterna, que puede ser de lámina, plástico o teja; en el caso del CALL de Yalentay se usó lámina galvanizada. La cisterna se excavó con una geometría tronco piramidal invertida, con la base menor en el fondo. Las paredes se repellaron con mezcla y se reforzaron internamente con malla de gallinero. La captación del agua de lluvia se hace a través del techo colector y por medio de canaletas se conduce a la cisterna, que está dividida en su sección longitudinal en dos depósitos separados por un puente peatonal para facilitar su mantenimiento. El CALL tiene



filtros externos e internos; los externos captan el agua directo del techo colector y lo conducen a los depósitos internos, que a su vez poseen un filtro compuesto de capas de arena, carbón y grava. Una vez filtrada el agua, ésta fluye a un depósito regulador, diseñado para suministrar la dotación diaria a la comunidad a través de una línea de conducción que la lleva al centro de la población, que se abastece a través de grifos. El agua almacenada está en absoluta oscuridad para evitar la proliferación de algas. El CALL tiene un sistema de aireación para la oxigenación del agua, con tubos en forma de U de lado del viento dominante. También posee un eliminador de volúmenes excedentes a través de una serie de tubos colocados en el nivel de excedencia. El mantenimiento del sistema es sencillo: la limpieza interna debe hacerse al menos una vez cada año; antes de la época de lluvias de deben limpiar el techo, las canaletas y las bajadas de agua; el agua de la cisterna puede ser tratada con cloro; se recomienda que el filtro se limpie antes del inicio de la temporada de lluvias. En la figura 5.2 se muestra un esquema del sistema de captación y almacenamiento.

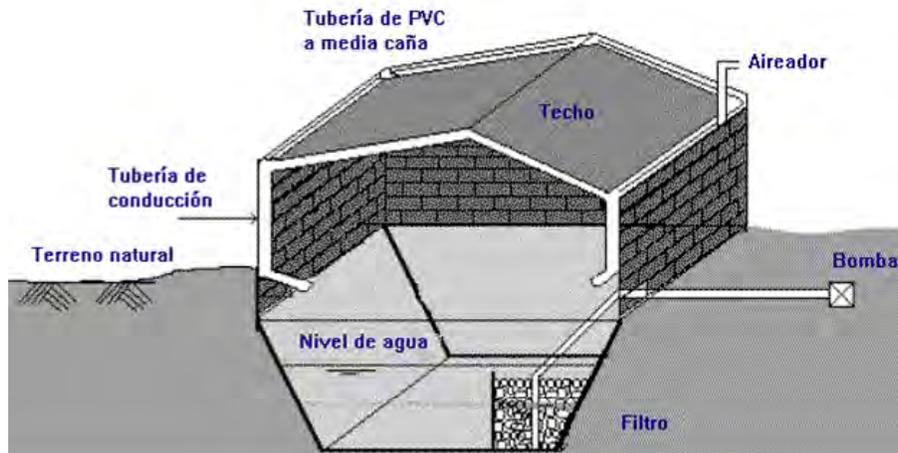


Figura 5.2.- Detalle del Sistema de colección de Agua de Lluvia (CALL) en Yalentay, Chiapas (Fuente: http://www.cpatsa.embrapa.br/catalogo/doc/technology/4_5_Martin_Mundo.doc)

El sistema es económico, sencillo de construir y no contamina el ambiente; garantiza la dotación de agua en zonas rurales en donde la precipitación promedio es adecuada para ello. Debido a su sistema de filtrado, proporciona agua apta para el consumo humano. El CALL es una opción viable como alternativa en zonas donde los sistemas convencionales de dotación no son factibles, ya sea por cuestiones técnicas o económicas (Fuente: Colección de agua de lluvia: una alternativa para la dotación de agua potable a pequeñas comunidades rurales del país. Mundo Molina *et al.* Revista cuatrimestral **Tláloc** de la Asociación Mexicana de Hidráulica, A.C., No. 37, mayo-agosto 2006).

5.2 Sistemas de tratamiento

Los elementos que comprenden un sistema descentralizado incluyen: pretratamiento de las aguas residuales, recolección de las aguas residuales, tratamiento de las aguas residuales, reutilización o vertimiento del efluente y manejo de biosólidos y de lodos de tanques sépticos. A pesar de que son los mismos componentes para los grandes sistemas centralizados, la diferencia



está en la tecnología utilizada. Debe también notarse que no todos los sistemas descentralizados incorporan todos estos elementos (Tchobanoglous *et al.*, 2000).

Es importante tomar en cuenta que el sistema de tratamiento más adecuado debe ser el que considere las condiciones específicas del medio ambiente e incluso de las culturales. La instalación de los sistemas de tratamiento no solo debe contemplar la eficacia en sí de la depuración, sino también debe analizar la relación de los elementos circundantes, las necesidades particulares, el costo, el mantenimiento, el reuso, y la utilización o disposición de los subproductos de la depuración. Existen varias alternativas de tratamiento de aguas residuales domésticas, a continuación se nombrarán las más importantes.

5.2.1 Fosa séptica

Como se mencionó anteriormente, existen muchas formas de disponer del agua residual con el nombre genérico de “fosa séptica” sin embargo no todas cumplen con el objetivo de liberar los acuíferos de contaminación, debido que suelen confundirse con pozos negros o de absorción, en los que las aguas son infiltradas al suelo sin un verdadero tratamiento. También suelen llamarse de este modo a tanques de sedimentación y almacenamiento que son vaciados periódicamente, para trasladarlos a un sitio donde se puedan arrojar con impunidad.

El modelo de fosa más funcional es el tanque de tres cámaras con una secuencia de tratamiento que consiste en primer lugar en una cámara de sedimentación que en algunos casos también cumple la función de trampa de grasas, de allí el agua pasa a una cámara con condiciones anaerobias donde se reduce la carga orgánica disuelta. La tercera cámara cumple las funciones de sedimentador secundario para clarificar el agua antes de ser dispuesta en un campo de oxidación. El problema básico de las fosas sépticas es que suelen acumular lodos hasta el punto de saturación, lo cual se incrementa si la fase anaerobia no funciona correctamente. El efluente debe ser tratado en un campo de oxidación antes de infiltrarlo al suelo y los lodos extraídos necesitan tratamiento adicional (Fuente: [http://www.mailxmail.com/curso-contaminacion-agua-riesgo-ecologico-economico-social/ tratamiento-aguas -nivel-domiciliario](http://www.mailxmail.com/curso-contaminacion-agua-riesgo-ecologico-economico-social/tratamiento-aguas-nivel-domiciliario)).

5.2.2 Biodigestores anaerobios

El uso de digestores anaerobios es más común cada día, ya sea para el tratamiento de excretas animales, la producción de biogás, la purificación de aguas residuales, y la elaboración de biofertilizantes. Existen varios tipos de biodigestores y se clasifican según el régimen de carga y la dirección del flujo en su interior. Los tipos de regímenes pueden ser flujo continuo, los que reciben su carga por medio de una bomba que mantiene una corriente continua; flujo semi-continuo, los que reciben una carga fija cada día y aportan la misma cantidad, y estacionarios, los que se cargan de una sola vez y pasado el tiempo de retención se vacían completamente (Fuente: <http://www.mailxmail.com/curso-contaminacion-agua-riesgo-ecologico-economico-social/aguas-tratamiento-nivel-domiciliario>).

Actualmente, en el mercado existe un sistema de tratamiento prefabricado: el Tanque Biodigestor Clarificador Autolimpiable FOSAPLAS DE ROTOPLAS es un sistema que se



conecta a los desagües de la vivienda y recibe directamente los desechos generados, los cuales son sometidos a un proceso de descomposición natural, separando y filtrando el líquido a través de un filtro biológico anaerobio, que atrapa la materia orgánica y deja pasar únicamente el agua tratada, la cual sale del biodigestor tras sufrir un segundo proceso de limpieza con piedras chancadas. Posteriormente esta agua puede ser usada para el riego por filtración de una huerta o de un jardín. Tras la descomposición, de los desechos sólidos generados por el Biodigestor, en el contenedor se acumula un lodo no apestoso que debe ser drenado cada 2 años y puede dejarse secar para ser usado como abono (Fuente: <http://www.astrolabio.net/revistas/articulos/EEyyAEFZkkZHskOZOP.php>). En la figura 5.3 se muestra un esquema de su funcionamiento.

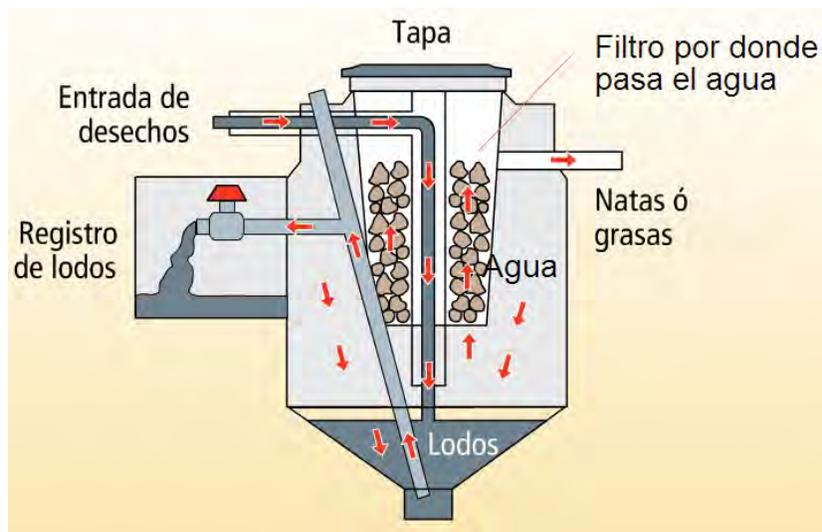


Figura 5.3.- Esquema del funcionamiento del Biodigestor Autolimpiable Fosaplas

Cabe mencionar que la Delegación Tlalpan, conforme al Programa Delegacional de Desarrollo Urbano, está llevando a cabo acciones en algunas colonias de los asentamientos humanos irregulares para evitar su crecimiento. La Delegación pretende que estos asentamientos tengan un menor impacto en el ambiente, por lo que, entre otras acciones, se ha proporcionado un sistema individual de tratamiento de aguas residuales domésticas, y el sistema elegido fue precisamente el Biodigestor Autolimpiable Fosaplas. El trabajo de Investigación de una estudiante de Posgrado de Ingeniería Ambiental de la UNAM arrojó que la calidad del agua a la entrada del biodigestor era similar o ligeramente más alta a la registrada en la salida (Alvarado, 2008). Esta falla puede deberse a la falta de conocimiento de la instalación y puesta en marcha de los sistemas de tratamiento.

5.2.3 Depuración de aguas grises

Siguiendo con la táctica de separación de drenaje sanitario doméstico, se sugiere a continuación un método de tratamiento para aguas grises que permite ampliar su reuso. Este sistema, desarrollado en la Facultad de Ciencias Químicas de la UNAM por Carlos Alberto Sagredo Suazo y Jesús García Fadrique, permite el tratamiento de las aguas grises, que constituyen aproximadamente el 75% de los 250 litros de agua que a diario consume una persona en promedio.



Según explicaron los inventores, el proceso de depurado consta de tres etapas: en la primera se inyecta aire para producir espuma, con lo cual los detergentes, la fibra y el aceite presentes en el líquido se concentran y pueden eliminarse con facilidad. En segundo lugar, se añade cal de construcción (un tipo de sal de calcio) para que los jabones que no hayan sido eliminados sufran una reacción química en la que se asocian con el calcio y de este modo precipiten y puedan retirarse. Por último se inyecta dióxido de carbono, que forma carbonatos con el hidróxido de calcio que se encuentra en solución y hace que éste se precipite. Ello provoca que el pH del agua deje de ser alcalino para convertirse en el pH neutro de un agua típica que "ya no presenta ni olores ni turbidez" pero que no es potable debido a la presencia de un relevante contenido de electrolitos.

Los inventores aseguraron que éste es un método económico y sencillo y que sólo requiere un inyector de aire, un contenedor para el líquido y cal, además de que los hogares cuenten con una separación de aguas grises y negras. Además, señalan que es posible que en un futuro si se continúa con la investigación se llegue a obtener una mayor calidad del agua (Fuente: <http://www.agua.org.mx/content/view/4539/89/>).

Las aguas grises tratadas con este método pueden ser reutilizadas en la casa para diversas actividades como el lavado de ropa, en el cual, por su bajo contenido de sales, propician un menor uso de detergentes para hacer espuma. También pueden utilizarse para regaderas, baños, lavado de platos y utensilios de cocina, riego, etc.

5.2.4 Humedales artificiales

Los humedales tienen un gran potencial de autodepuración gracias a la vegetación, el suelo y la flora bacteriana que vive en ellos. Desde hace años se construyen sistemas que, imitando la naturaleza, depuran las aguas residuales de forma respetuosa con el entorno natural y tienen menos requerimientos energéticos. Los humedales naturales pueden llegar a ser muy complejos, con una capa de agua que cubre el suelo, gran cantidad de vegetación a diferentes niveles (sumergida, flotante y emergente) y aguas subterráneas más o menos próximas a la superficie. A través de diferentes procesos, los microorganismos del suelo y de los rizomas de las plantas degradan la materia orgánica, las plantas asimilan y retienen los nutrientes y los metales del agua quedan retenidos en la grava y en el tejido vegetal.

Desde hace unos años se construyen en toda Europa humedales en los cuales se reproducen estos entornos naturales, si bien de forma más sencilla, para depurar aguas residuales de pequeños núcleos urbanos de no más de 2000 habitantes. Su uso está especialmente extendido en el norte de Europa, donde se ensayan e investigan diferentes estructuras de humedales artificiales por conseguir los mejores resultados. Optimizarlos es importante, especialmente en zonas en que el suelo es caro y es preciso obtener el máximo rendimiento depurador por metro cuadrado (Fuente: <http://www.ott.csic.es/rdcsic/rdcsciesp/rdqu19esp.htm>).

Los humedales artificiales pueden ser de flujo superficial (HAFS) o de flujo sub-superficial (HAFSS). Los primeros utilizan plantas que crecen en una capa de suelo



depositada por encima de un forro impermeable. Un HAFS funciona mientras está inundado. Un HAFSS tiene cerca de 700 mm de grava colocados por encima de un forro impermeable y el agua residual fluye horizontalmente a unos 100 mm por debajo de la capa de grava (por eso se llaman "sub-superficial"). Las plantas crecen por encima de la grava, con las raíces tocando el agua que discurre por debajo de la capa de grava. Las plantas que se utilizan típicamente en los humedales artificiales son carrizo (*Phragmites australis*) y especies acuáticas y herbáceas del género *Scirpus* (Fuente: <http://www.selba.org/EspTaster/Ecologica/Agua/DepurHumedArtif.html>).

CAPÍTULO VI

Conclusiones

El Suelo de Conservación que se encuentra en la Delegación Tlalpan es una zona muy importante para la Ciudad de México: sirve como área de recarga de los acuíferos que la abastecen en gran parte del agua potable, alberga un número importante de especies tanto animales como vegetales, muchas de ellas endémicas y ayuda a la mejora de la calidad del aire de la Ciudad, entre otros servicios ambientales.

Actualmente, el Suelo de Conservación es amenazado por las invasiones cada vez más agresivas de un grupo heterogéneo de personas de escasos recursos y de personas que lucran con los terrenos invadidos inescrupulosamente. La población de estos asentamientos humanos irregulares crece rápidamente, y el número de colonias que se agregan ha aumentado exponencialmente en los últimos años. Recientemente, las autoridades de la Delegación Tlalpan han buscado brindar soluciones para esta situación mediante los Programas de Ordenamiento Territorial, logrando así recuperar poco a poco el terreno destinado a mantener condiciones favorables para la ciudad.

Como se vio en el capítulo I, debido al abatimiento de los niveles freáticos causados por la extracción excesiva de agua de los acuíferos en el subsuelo de la Ciudad de México, cada vez hay más problemas de hundimientos diferenciales y de incoherencias en el comportamiento del terreno; estos problemas provocan, a su vez, diferentes fallas en las estructuras adyacentes.

Las zonas ideales para propiciar la recarga del acuífero se encuentran en el Suelo de Conservación, debido a la cantidad de superficie libre de construcciones y sin asfaltar. A pesar de que se conocen todos los servicios ambientales que brinda el Suelo de Conservación, por años se han pasado por alto los delitos ambientales que lo amenazan.

Como se menciona en el Capítulo IV, para iniciar cualquier estrategia es necesaria la educación ambiental desde niveles básicos, pues ésta genera conciencia ecológica. Cualquier propuesta para mejorar las condiciones ambientales recae en gran parte en la gente, sobre todo en los habitantes de los asentamientos irregulares. Como se vio en los diferentes casos presentados, el éxito o fracaso de cualquier estrategia depende en gran medida de qué tanto se conoce la forma de vida de los habitantes objetivo y qué tanto se les involucra en el proceso.

En los capítulos IV y V se analiza que desde hace algunos años, la Delegación Tlalpan intenta reubicar a los habitantes de los asentamientos más recientes, mientras que a los asentamientos más arraigados les hace mejoras y pone “fronteras” para delimitarlos y evitar que sigan creciendo. Sin embargo, los métodos que se utilizan podrían no ser los más adecuados. Un ejemplo de esto se presenta en la colonia Ayometitla, donde a cada vivienda se le proporcionó un biodigestor prefabricado para tratar las aguas residuales en



el punto de producción. Desafortunadamente, la instalación y puesta en marcha de los sistemas de tratamiento no fue la adecuada, ya que, como se muestra en un estudio mencionado en las Referencias, la calidad del agua antes y después de entrar al biodigestor no cambiaba, o en el peor de los casos, disminuía. Se encontró el origen del problema en los lodos usados para el tratamiento del agua y se propuso una solución, sin embargo, las autoridades de la Delegación no estaban al tanto de los resultados del estudio, y pensaban que ya se había solucionado el problema de contaminación generada por las descargas de agua residual.

Otro ejemplo de estos casos es el empedrado de las calles. La Delegación provee a los habitantes de los asentamientos que se regularizan de roca basáltica para calles y banquetas. Este material tiene una permeabilidad muy baja, por lo que así se disminuyen las áreas disponibles para la recarga del acuífero; además, dificulta la futura mejora de la infraestructura en esas colonias, pues para introducir servicios básicos como tuberías de suministro de agua potable, gas natural o alcantarillado, se tendría que romper o levantar ese empedrado.

Estos ejemplos muestran que es necesaria la colaboración de las autoridades de la Delegación con instituciones públicas o privadas que propongan soluciones de Ingeniería para obtener el máximo desarrollo posible para las colonias a regularizar, sin que esto derive en un decremento de la calidad ambiental del Suelo de Conservación.

REFERENCIAS

- Alvarado, I.; Evaluación del impacto ambiental del manejo de aguas residuales en asentamientos humanos irregulares del Suelo de Conservación del D.F.; 2008
- Bazant, J.; Asentamientos irregulares: guía de soluciones; Trillas, México; 2004
- Bazant, J.; Periferias Urbanas: expansión urbana incontrolada de bajos ingresos y su impacto en el medio ambiente; Trillas, México; 2001
- Canter, L.; Manual de evaluación de Impacto Ambiental, Segunda edición; McGraw Hill; 1998
- Centro Virtual de Información del Agua (http://www.agua.org.mx/component/option,com_frontpage/Itemid,1/)
- César Valdez, E.; Saneamiento básico y urbanización de asentamientos humanos irregulares en el Suelo de Conservación del DF, Primera parte; 2007
- Concreto Ecológico (<http://www.concretoecologico.com.mx/ecocreto.html>)
- Delegación Tlalpan (<http://www.tlalpan.gob.mx/index.html>)
- Diario La Verdad (www.laverdad.es)
- Dictamen de Factibilidad Técnica, Económica y Ambiental por cambio de monto y alcance para el Proyecto Integral “Tren Energético de la Refinería de Salamanca”. Convenio CO-DI-09/08. Informe del Dictamen de Factibilidad Ambiental; Facultad de Química de la UNAM; noviembre 2008.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa (<http://www.cpatsa.embrapa.br/>)
- Ezcurra, E., Mazari-Hiriart, M., Pisanty, I., Aguilar, A. ; La cuenca de México. Aspectos ambientales críticos y sustentabilidad; Fondo de Cultura Económica; 2006
- Garmendia, A., Salvador, A., Crespo, C., Garmendia, L.; Evaluación de Impacto Ambiental; Pearson Educación, S.A., Madrid, 2005
- Henry, G., Heinke, G.; Ingeniería Ambiental. Segunda edición; Pearson
- Instituto de Vivienda del Distrito Federal INVI (<http://www.invi.df.gob.mx/portal/inicio.aspx>)

- Mibelcic, J.; Fundamentos de Ingeniería Ambiental; Limusa Wiley
- Mundo, M., Martínez, P., Ballinas, R., Ponce, M., Ferrer, E.; Colección de agua de lluvia: una alternativa para la dotación de agua potable a pequeñas comunidades rurales del país; Tláloc, Revista cuatrimestral de la Asociación Mexicana de Hidráulica, A.C.; No. 37, mayo – agosto de 2006
- Periódico El Universal
- Periódico Reforma (reforma.com)
- Programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos. Oficina Regional para América Latina y el Caribe (<http://www.onuhabitat.org>)
- Proyecto E-Local de la Secretaría de Gobernación (www.e-local.gob.mx)
- Radio Netherland Wereldomroep (<http://www.rnw.nl/es/espa%C3%B1ol>)
- Rideau Canal World Heritage Site (<http://www.rideau-info.com/>)
- Rowe, D.; Peavy, H., Tchobanoglous, G.; Environmental Engineering. International Edition; McGraw Hill International Editions; 1986
- Secretaría de Desarrollo Social (<http://www.sedesol.gob.mx/index/index.php>)
- Secretaría del Medio Ambiente (<http://www.sma.df.gob.mx/sma/index.php>)
- Tchobanoglous, G., Crites, R.; Tratamiento de aguas residuales en pequeñas poblaciones; McGraw Hill; 2000
- The Goldman Environmental Price (<http://www.goldmanprize.org/aboutus/founders>)