

*"MODELO PREDICTIVO DEL CRECIMIENTO URBANO, CAMBIOS EN LOS USOS DEL SUELO, EFECTOS HIDROLÓGICOS Y A LA RECARGA NATURAL DEL ACUÍFERO".
Estudio de caso, Xochimilco D.F.*

Título de la tesis:

"MODELO PREDICTIVO DEL CRECIMIENTO URBANO, CAMBIOS EN LOS USOS DEL SUELO, EFECTOS HIDROLÓGICOS Y A LA RECARGA NATURAL DEL ACUÍFERO, Estudio de caso, Xochimilco D.F."

Doctorado en Urbanismo

Director de Tesis:

Dr. Jorge F. Cervantes Borja

Presenta:

M. en Urb. Raúl Gómez de León y Cruces

Programa de Maestría y Doctorado en Urbanismo



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.

"MODELO PREDICTIVO DEL CRECIMIENTO URBANO, CAMBIOS EN LOS USOS DEL SUELO, EFECTOS HIDROLÓGICOS Y A LA RECARGA NATURAL DEL ACUÍFERO".
Estudio de caso, Xochimilco D.F.



Título de la tesis:

"MODELO PREDICTIVO DEL CRECIMIENTO URBANO, CAMBIOS EN LOS USOS DEL SUELO, EFECTOS HIDROLÓGICOS Y A LA RECARGA NATURAL DEL ACUÍFERO, Estudio de caso, Xochimilco D.F."

Tesis que para obtener el grado de Doctor en Urbanismo

Presenta;

M. en Urb. Raúl Gómez de León y Cruces

Director de la tesis

*"MODELO PREDICTIVO DEL CRECIMIENTO URBANO, CAMBIOS EN LOS USOS DEL SUELO, EFECTOS HIDROLÓGICOS Y A LA RECARGA NATURAL DEL ACUÍFERO".
Estudio de caso, Xochimilco D.F.*

Dr. Jorge F. Cervantes Borja

2012

Director de la Tesis

Dr. Jorge F. Cervantes Borja

*"MODELO PREDICTIVO DEL CRECIMIENTO URBANO, CAMBIOS EN LOS USOS DEL SUELO, EFECTOS HIDROLÓGICOS Y A
LA RECARGA NATURAL DEL ACUÍFERO".
Estudio de caso, Xochimilco D.F.*

Sinodales integrantes de la terna de evaluación;

Dr. Gabriel Aurinet Guichard

Dr. Ramón Domínguez Mora

Dr. Héctor Robledo Lara

Dra. Julieta Salgado Ordóñez

Agradecimientos:

Dr. Jorge Cervantes Borja, Director de la tesis por su gran apoyo, comprensión y paciencia.

Dr. Ramón Domínguez Mora, por su valioso estímulo y disposición para compartir sus profundos conocimientos.

Dr. Gabriel Aurinet Guichard, por su amable aceptación a tutelar en la terna, su motivador interés y sus importantes opiniones.

Dra. Genevieve Lucet Lagrinffoul. Por su amable auxilio para desarrollar el programa de cómputo.

M. en Compito, Elio Vega Munguía por su enorme apoyo durante la elaboración del programa de cómputo.

Lic. Héctor Cuevas Vázquez del Mercado, Jefe del Departamento de Visualización de la Dirección General del Servicio de Cómputo Académico.

Dedicatorias;

A mis padres, por todo su cariño y por ser un gran ejemplo.

A mis hijos Raúl e Ivana, motivadores de mi esfuerzo.

*Dieu n'est pas tout puissant, lui peut changer l'avenir mais pas le passé.
Alexandre Dumas (1806-1861).*

Es necesario modificar desde ahora los actuales procesos de urbanización en Xochimilco, mas tarde podría resultar inútil.

CONTENIDO

	Pág.
I.- Antecedentes.	
I.1.- Antecedentes del tema	1
I.2.- Antecedentes del sitio.	1
I.3.- Antecedentes del problema	1
II.- Introducción.	
II.1- Planeación urbana ineficaz	2
II.2.-Alternativas costosas de remediación	2
II.3.-Soluciones parciales e infructuosas	3
II.4.-Abatimiento del volumen de los mantos acuíferos	3
II.5.-Impacto a la economía agrícola	4
II.6.- Difusión del problema.	5
III.- Descripción del problema	
III.1.-Lógica del problema	5
III.2.-El fenómeno del crecimiento físico de los asentamientos humanos	5
III.3.-El crecimiento urbano inadecuado	7
III.4.-Las tasas de crecimiento demográfico	8
III.5.-Los efectos del crecimiento urbano	8
III.6.-El agua elemento imprescindible para el desarrollo urbano	9
III.7.-Las tendencias actuales de decremento del recurso hídrico	9
III.8.-Las tasas de decremento del nivel de los mantos acuíferos	10
III.9.-Decremento del volumen de almacenado	13
III.10.-Decremento de la calidad del agua	13
III.11.-Decremento del volumen de dotación por habitante	14

IV.- El Estado del arte	
IV.1.-El concepto genérico de modelo	15
IV.1.1.-Modelos predictivos del efecto del crecimiento urbano en la Hidrología	15
IV.-1.2,-Modelos predictivos del crecimiento urbano aplicados al análisis del medio ambiente.	16
IV.1.3.-Modelos predictivos del crecimiento urbano	16
IV.1.4.-Tendencias de los modelos de crecimiento urbano	17
IV.2.-Los modelos de simulación de eventos	19
IV.-2.1.-Modelos de análisis de comportamiento hidrológico	19
IV.2.2.-Modelos de análisis de crecimiento económico y social	19
V.- Método	
V.1.-Hipótesis	20
V.2.-Marco físico	20
V.3.-Marco temporal	21
V.4.-Marco temático	22
V.5.-El objetivo del estudio	23
V.6.-El objeto del estudio	23
V.7.-Procedimientos metodológicos	23
V.7.1- Las causas	24
V.7.2.-Los cambios	24
V.7.3.-Los efectos	25
V.8.- Herramientas de análisis numérico	25
V.8.1.Los modelos probabilísticos de regresión lineal	25
V.8.2.-Los modelos probabilísticos determinantes	26
V.8.3.-El nivel de confianza aceptable	26
VI.-Formulación del modelo de proyección para Xochimilco	
VI.1.- Descripción del modelo de cómputo específico	27
VI.2.- Variables de análisis	28
VI.3.- Fuentes de información para las base de datos del modelo	28
VI.4.- Manejo de la información	29

VI.5.- Clasificación de las variables	31
VI.5.1.-Topografía	31
VI.5.2.-Vialidades	35
VI.5.3.-Contigüidad	40
VI.5.4.-Densidad de población	42
VI.5.5.-Cúmulos	44
VII.- Resultados.	
VII.1.-Cambios en los usos del suelo	46
VII.2.-Estado inicial (1941)	48
VII.3.-Conurbación (1968)	48
VII.4.-Tendencias de crecimiento (2020)	48
VII.5.-Cambios debido a la presión demográfica	50
VIII.- Discusión de los resultados	
VIII.1.-El concepto específico del modelo para el estudio de caso	52
VIII.2.-El procesamiento del modelo	52
VIII.3.-Determinación del índice de crecimiento urbano	54
VIII.4.-Determinación de los índices de infiltración	55
VIII.5.- Determinación de los índices de escurrimiento superficial	56
IX.- Conclusiones	
IX.1- Evaluación de los resultados.	62
IX.1.-La eficacia del modelo	62
IX.2.-Bondad de ajuste	64
IX.3.-Significación de las variables	64
IX.4.-Discusión de los resultados	65
IX.5.-Hallazgos	66
IX.6.-Tendencias de la dinámica	66
IX.7.-Efectos en la práctica	66

IX.8.-Explicación del fenómeno	69
IX.9.-Conclusiones	69
IX.10.-Conclusiones finales	
70	
X.- Limitaciones del estudio:	
X.1.-Aplicación de un índice urbano de permeabilidad.	
70	
X.2.-Aplicación de coeficientes de permeabilidad por tipo de uso del suelo	
71	
X.3.- Propuestas	71
XI.- Anexo metodológico	71
XII.- Bibliografía	
XII.1.-Bibliografía de referencia	93
XII.2.-Bibliografía de consulta	95
XIII.3.-Sitios en internet	99

RELACIÓN DE MAPAS Y ESQUEMAS

	Pág.
1.- Gráfico; Análisis de correlación, explotación - descenso del manto	9
2.- Gráfico; Descenso del nivel del estático	11
3.- Mapa; Descenso del nivel del manto acuífero	12
4.- Gráfico; Proporción de fuentes	
14	
5.- Gráfico; Autómata celular y sistema multi-agente	
17	
6.- Gráfico; Evolución de un modelo histórico de crecimiento urbano	
18	
7.- Gráfico; Crecimiento histórico por periplo y por rango de pendiente	
32	
8.- Gráfico; Proporción de crecimiento por rango de pendiente y por periplo	
32	
9.- Mapa; Calificación de la variable topografía	
33	

10.- Mapas; Vialidades inter zonas en Xochimilco D.F.	36
11.- Mapas; Crecimiento urbano en bandas sobre vialidades oriente poniente	37
12.- Mapas; Crecimiento urbano en bandas sobre vialidades norte sur	38
13.- Mapas; Calificación de la variable Vialidades	39
14.- Mapas; Calificación de la variable Contigüidad	41
15.- Mapas; Calificación de la variable Densidad de Población	43
16.- Mapas; La variable Cúmulos	45
17.- Gráfico; Tasas de crecimiento de área urbana	46
18.- Gráfico; Área urbana a futuro	47
19.- Mapas; Crecimiento histórico urbano hasta el año 2005	49
20.- Tasas de crecimiento de población histórico	51
21.- Mapas; Crecimiento virtual año 1996	58
22.- Mapas; Crecimiento virtual año 2005	59
23.- Mapas; Crecimiento virtual año 2020	60
24.- Mapas; Crecimiento histórico real contra el virtual al año 2005	61
25.- Mapas; Áreas de omisión y comisión para el año 2005	63

ANEXOS EN DISCO CD

- A.- Programa de cómputo.
- B.- Bases de datos
- C.- Anexo Jurídico

*"MODELO PREDICTIVO DEL CRECIMIENTO URBANO, CAMBIOS EN LOS USOS DEL SUELO, EFECTOS HIDROLÓGICOS Y A
LA RECARGA NATURAL DEL ACUÍFERO".
Estudio de caso, Xochimilco D.F.*

I. ANTECEDENTES.

Este estudio valora los efectos del desarrollo urbano de la Ciudad de México en la Delegación Xochimilco, particularmente sobre el suelo de conservación ecológica, el cual ha ido reduciendo su extensión significativamente, impidiendo la función natural de la recarga de los acuíferos.

1.1.- Antecedentes del tema.

En Enero de 2003 fue presentada la tesis de Maestría en Urbanismo denominada; "El Crecimiento Urbano, Cambios en los Usos del Suelo y Efectos en la Hidrología, Xochimilco D.F. de 1930 a 2000", a partir de la evaluación de los resultados, surgió la idea de precisar detalladamente la correlación entre el crecimiento urbano y su efecto en el balance hidrológico, particularmente en la influencia que a futuro pudiese tener la modificación de la cobertura vegetal como agente modificador de los coeficientes de infiltración del agua de lluvia tan necesaria para el funcionamiento de una de las zonas mas densamente pobladas del orbe actual.

1.2.- Antecedentes del sitio.

Desde su origen prehispánico, como asentamiento agrícola, Xochimilco ha sido utilizada siempre para beneficio de la ciudad central, a medida que las necesidades de la ciudad han ido cambiando, se han modificado las cualidades del vaso lacustre, así cuando su rol fue el de suministro de alimentos, la zona cumplió eficientemente con su función, a partir de 1930, cuando la necesidad de abasto de agua se presentó, Xochimilco sufrió la perdida de su balance ecológico y por ende entró en crisis económica ya que su agricultura de jugo o humedad se vio limitada por el compromiso de los recursos hidráulicos en beneficio de las zonas urbanas. Históricamente Xochimilco ha experimentado una gran expansión debido a su inicial proximidad a la Ciudad de México, posteriormente ha seguido un rápido proceso de conurbación con la ciudad capital, esta fue originalmente una zona de gran intensidad para aprovechamiento agrícola, su sistema sui generis, el de cultivo chinampero, permitió por siglos producir una gran variedad y sobre todo cantidad de alimentos vegetales.

El cambio de rural a urbano ha ocasionado por una parte el decremento de los volúmenes de alimento, por otra la disminución del volumen de lluvia que originalmente se infiltraba al subsuelo alimentando los mantos acuíferos de suministro para la ciudad obligando a que a medida que ha aumentado la superficie de pavimento impermeable, disminuya por ende el flujo del recurso.

La población ha experimentado a su vez de sucesivos cambios a partir de la conurbación de la delegación Xochimilco, en 1968 mediante el anillo periférico se forzó la comunicación ocasionando la unión del hasta entonces poblado satélite, este fenómeno ocasiono cambios demográficos en las tasas de crecimiento social propiciados por la acusada inmigración de población no nativa.

Es conveniente señalar que la mayor proporción del crecimiento de los asentamientos humanos toma lugar recientemente dentro de las zonas destinadas a la conservación del suelo, según lo señalado en el Programa de Desarrollo Urbano de la Delegación Xochimilco, evidenciando que los intentos de ordenar el crecimiento urbano han resultado ineficaces en la práctica.

1.3 Antecedentes del problema.

El estudio, pretende explicar los efectos del crecimiento urbano sobre una de las zonas de mayor importancia ecológica de la Ciudad de México; el antiguo vaso del Lago de Xochimilco y sus "chinampas" relictos de la gran cultura agrícola. Los aztecas lograron una forma de producción de cultivos sumamente eficiente, que permitía sustentar satisfactoriamente las necesidades alimenticias de una sociedad en la que un porcentaje mayoritario no necesitaba ocuparse en las tareas de la producción primaria.

Para los aztecas, el lago de Xochimilco fue un elemento fundamental dentro de su perímetro de dependencia ecológica en el que se comunicaban a través de canales, que también facilitaron el transporte de insumos y alimentos. Posteriormente, al crecer la ciudad, y contando con otros modos de comunicación, la ciudad perdió el interés por las formas de transporte sobre el agua y por los productos agrícolas de Xochimilco, que entonces pasó a ser fuente de recursos hidráulicos para la ciudad, con el aprovechamiento de los recursos del lago, al momento de construirse los primeros pozos de extracción de agua, se condenó definitivamente a la chinampa, cuna del nacimiento del maíz (*Zea Mays*), híbrido cuyo cultivo se ha extendido prácticamente a todo el planeta, siendo aún en nuestros días la base de la alimentación de nuestra población.

II.- INTRODUCCIÓN

II.1.- Planeación urbana ineficaz.

Los más recientes intentos por dirigir el crecimiento urbano hacia las delegaciones centrales que venían sufriendo de despoblamiento, han ocasionado efectos negativos en Xochimilco, pues no obstante la suspensión oficial de permisos de construcción, es

evidente el incremento de la urbanización tomando patrones de asentamiento aún más inconvenientes que los anteriores, pues los nuevos asentamientos irregulares se ubican en lugares menos aptos para el desarrollo urbano donde seguramente resultará más costosa la dotación de servicios, con densidades sumamente bajas y en sitios donde se compromete la infiltración de agua, afectando a su vez la calidad del recurso debido a la contaminación por lixiviación de excretas.

En los países desarrollados el crecimiento urbano regular es considerado como un indicador de crecimiento económico, tal idea debe ser revisada al evaluar las cualidades y calidad de los nuevos asentamientos, entre ellos los irregulares. En Xochimilco la tendencia del crecimiento urbano irregular más reciente, sugiere que cada vez más los asentamientos se llevan a cabo de manera más dispersa, tendiendo a adoptar formas urbanas de densidad baja y tomando patrones sumamente desordenados. A partir del decaimiento en la renta del suelo agrícola en la década de los años 30, y como parte del esquema rector de planeación del gobierno del Distrito Federal, se dotó durante la década de los años 60 de infraestructura vial y equipamiento, destacando la construcción del Anillo Periférico y las obras del Canal de Cuemanco, con estos trabajos se favoreció el crecimiento urbano en esta zona. Aunque desde 1982 se han implementado políticas para evitar los asentamientos en la zona de conservación, esta continua decreciendo su área (2). Al igual que en la zona lacustre, en las de pie de monte y lomeríos, el crecimiento urbano ha venido provocando la disminución del área de recarga natural, que constituye una de las más importantes para el resto de la ciudad gracias a su relativamente alto nivel de precipitación, y a las cualidades geohidrológicas de permeabilidad de su subsuelo.

11.2.- Alternativas costosas de remediación.

Si bien es cierto, existen visiones catastrofistas al respecto, hay algunas alternativas viables para dotar de agua a la ciudad; como la de lograr disminuir la gran cantidad de agua ya potabilizada que actualmente se pierde por fugas en las redes de distribución.

(2) Plan de Acciones Hidráulicas 2001-2005 Xochimilco, D.G.C.O.H., 2001. Pág. 38

Existe otro planteamiento para mejorar la eficiencia del sistema, se refiere a que de los 8,153 Km² de la cuenca del valle de México, con un volumen medio anual de 747 mm. de precipitación, hasta un 79 % se pierde por evaporación, tal cantidad no llega siquiera a la recarga (3), y del resto, un gran porcentaje escurre superficialmente hacia las alcantarillas ocasionando problemas de inundación y altos costos de operación para su canalización. El agua que dolorosamente carece en

diferentes proporciones un desafortunado número de habitantes, es desperdiciada en un oneroso sistema de drenaje.

Sin la pretensión de ser alarmista por un lado o irresponsable en el otro, es conveniente que se revisen las reservas en los mantos profundos, la velocidad de consumo, las alternativas de remediación y se planeen los escenarios deseables para no caer en situaciones que podrían resultar sumamente apremiantes y costosas.

11.3.- Soluciones parciales e infructuosas.

Se han hecho diversas obras de rescate, como la del denominado "Rescate Ecológico de Xochimilco", entre los objetivos del proyecto se encuentran los concernientes a disminuir el hundimiento del suelo en diferentes zonas de la ciudad que cerca del lago alcanzaron hasta 20 cm/año durante la década pasada (4), así mismo se pretende disminuir el daño causado a la agricultura, aun cuando la tendencia general en el país es hacia la disminución del volumen de población dedicada al sector primario de ocupación, resultaría benéfico para el global de la economía, mantener e inclusive incrementar los volúmenes de producción agrícola en las zonas de lomeríos y chinampas.

11.4.- Abatimiento del volumen de los mantos acuíferos.

De entre las cuencas más explotadas del país, en tercer lugar está la del Valle de México, solo la preceden las cuencas del noroeste, ya que allá, debido a la falta de lluvias abundantes, la explotación de los mantos acuíferos es mayor dada la necesidad de riego para cultivo.

En el caso de la cuenca del Valle de México las necesidades son otras, la principal es el abastecimiento de agua potable a la población a medida que va en aumento. Esta necesidad representa en si misma, altos costos de inversión, ya que en el caso de Xochimilco, el agua se extrae actualmente y en promedio, desde una profundidad mayor a 50 m, la extracción se efectúa mediante bombas eléctricas y como es lógico el costo varia dependiendo de la profundidad, a menor eficiencia del volumen de agua extraída, mayor es el costo de bombeo, hay casos extremos en los que el agua debe succionarse desde más de 200 m de profundidad, una grafica explicando el descenso histórico aparece en el apartado III.8. pág. 10 Las tasas de descenso del nivel del manto acuífero:

Es significativa la velocidad del abatimiento de los niveles estáticos piezométricos, que en Xochimilco tienen un promedio anual de disminución cercano o mayor a un metro anual, como evidencia se pueden considerar los registros de la evolución

histórica del pozo SL 20 (red San Luis número 20) descendiendo 4 metros su nivel estático de 2,216 a 2,212 msnm entre los años 1998 y 2001 esquema en la pág. 11. Es importante señalar que se ha demostrado que el abatimiento de los mantos acuíferos está directamente relacionado con el hundimiento del suelo en la ciudad, provocando asentamientos diferenciales de las cimentaciones y graves daños a las estructuras de los edificios, con la posibilidad de colapso de los mismos durante los eventos sísmicos con el oneroso costo de pérdidas de vidas de los habitantes.

(3) Agua e Hidrología de la Cuenca del Valle de México, Guerra Luis Manuel, México 1988, pág. 29

(4) Apoyo de Emergencia a la Zona Lacustre Xochimilco-Tláhuac, Informe Técnico de la Recarga del Acuífero, ONU.FAO. UNESCO. Roma 1988. Pág. 8.

Las principales fuentes de aprovisionamiento para la ciudad se encuentran fuera de la cuenca, sin embargo por décadas fueron las que continuaban explotándose al sur de la misma dentro del área de lo que se llamó el lago de Xochimilco, el cual se ha reducido en la actualidad a unos cuantos canales de aguas libres, que en época de lluvia apenas alcanzan una extensión de 199 ha.

La parte más significativa de este volumen de agua del lago es mantenido de manera artificial, como se señala en el apartado relativo al decremento de la calidad del agua (apartado III.10), solo un relativamente pequeño porcentaje proviene de lluvia y escurrimientos, y el resto se incorpora mediante la canalización a sus cuerpos de aguas residuales, principalmente de la Planta del Cerro de la Estrella, con capacidad para 2m³/seg (5) mediante bombeo en contrapendiente se lleva a través de una red de 36.4 kilómetros hasta los canales de aguas libres, el cuerpo lacustre de flujo lento de Xochimilco ha disminuido enormemente su capacidad, encontrándose en la actualidad reducido a unos cuantos canales y a lo que se almacena en lo que constituyen las tierras de humedad o chinampas.

El vaso es capaz de recibir y regular las aportaciones de los pocos arroyos que descargan sus aguas al mismo, debiendo tener en cuenta que proporcionan volúmenes sumamente escasos debido a que las descargas de los manantiales que antiguamente lo alimentaban, se encuentran sobreexplotadas de tal forma que sus aguas ya no fluyen hacia el citado cuerpo, de igual manera los volúmenes del río San Buenaventura, se depositan en un vaso regulador sin comunicación con el sistema hidráulico principal.

Lo anterior justifica que en ciertas épocas del año, sobre todo en aquellas de precipitación deficiente sea necesario como ya se ha dicho, alimentar el lago artificialmente, a fin de mantener la humedad que necesitan los cultivos, en cambio en época de lluvias, las inundaciones hacen que un número considerable de

hectáreas quede imposibilitado para su aprovechamiento, y peor aún es el hecho de que algunas de las zonas bajas urbanizadas se inundan ocasionando pérdidas materiales a los pobladores.

11.5.- Impacto a la economía agrícola.

La productividad de la chinampa ha sido históricamente la de mayor eficiencia en el país, tomada como ejemplo de tecnología agrícola suave por la FAO, para la producción de grandes volúmenes de alimentos. Hasta 1938 con tales técnicas no había necesidad de dejar descansar la tierra, se sembraban plantas jóvenes cuando se maduraban las anteriores (5). La gran cantidad de materia orgánica en descomposición acumulada en el limo del lago permitía la recuperación de nutrientes y la enorme capacidad de carga bioenergética permitía tener una rápida secuencia y amplia variedad de cultivos. Aun cuando se han realizado ajustes para mejorar la productividad y se han efectuado cambios de las variedades de cultivos, entre los que tradicionalmente predominaba el maíz, la remolacha forrajera y la alfalfa, se ha otorgado recientemente mayor importancia al cultivo de las flores y hortalizas con menor necesidad de lamina de riego que los cultivos tradicionales, ello aun cuando permite el ingreso de recursos económicos de la actividad florícola, no deja de ser preocupante en cuanto a la escasez de producción de alimentos, ya no digamos para continuar la práctica de comercio con la ciudad, sino aun para el autoconsumo de los habitantes más pobres.

(5) De Las chinampas a la megalópolis Ezcurra Ezequiel, IAEAM, México 1984.

11.6.- Difusión del problema.

Existen grupos de pobladores interesados en conocer el problema del agua, sin embargo gran parte de la información referente a; aprovechamientos subterráneos, geología, piezometría, topografía, pruebas de bombeo, aplicación de isótopos y análisis ambientales del sistema, es recabada fundamentalmente por el gobierno de la ciudad, sin embargo, son de difícil acceso a estudiosos y se necesita la difusión al público en general, es necesario que se conozca la severidad de los efectos de la explotación de agua para uso urbano, tanto en el D.F. como en otras zonas de explotación. Aún cuando existen estudios que describen los daños, es conveniente conocer la explicación de los mantos, en tal sentido y como justificación del tema, considero pertinente correlacionar la información hidrológica con la de los fenómenos de crecimiento urbano contribuyendo así a la difusión del problema.

III. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.

En este capítulo se enuncian los elementos que inciden en el problema, se explican las cualidades y se evalúan las correlaciones entre las variables intervinientes.

III.1.- Lógica del problema.

Resulta empíricamente evidente que existe una tendencia creciente al decremento de los volúmenes de agua en los mantos acuíferos, el balance hidráulico sugiere que la sobre explotación del recurso tiende a hacer disminuir el nivel estático de los mantos, mientras que las tendencias de la recarga se dirigen a sufrir decrementos cada vez mas acusados.

Es lógico pensar que en alguna medida, tales decrementos puedan ser atribuibles a la creciente urbanización en la zona de estudio.

Esta zona ha sufrido en los últimos sesenta años, cambios sustantivos en la utilización de los recursos agua y suelo; modificándose enormemente las condiciones naturales del sitio y los procesos productivos al momento de ser alcanzada y rebasada por la ocupación urbana.

III.2.- El fenómeno del crecimiento físico de los asentamientos humanos.

El crecimiento urbano, es un fenómeno global impulsado fundamentalmente por el incremento de la población (Sudira H.S. 2004). Los cambios en los usos del suelo influyen de manera directa sobre los inventarios de recursos naturales, las investigaciones al respecto son particularmente importantes para los asentamientos urbanos en los países en desarrollo donde gran parte de las superficies carecen de los debidos controles de planificación, modificando su cobertura del suelo a velocidades promedio cinco veces más rápidas que las de los países desarrollados (Ramachandran, 1992; Bocco y Sánchez, 1995; Rodríguez, 1995).

Interpretando la teoría referente a los patrones del crecimiento de los asentamientos humanos, se consideró conveniente elaborar un sistema de acuerdo a los siguientes conceptos;

a) Crecimiento continuo;

El crecimiento suburbano puede definirse como la expansión contigua del corazón central en los bordes, según lo expuesto por May (1997) Hall (1997) y Swing (1994).

a1) La teoría del crecimiento por contigüidad proviene fundamentalmente de los conceptos teóricos de los teóricos de la Escuela de Chicago, desarrollada a inicios del siglo XX, explica el fenómeno de la expansión urbana periférica tomando los ejemplos de las ciudades norteamericanas de los inicios del siglo XX (1).

(1) McKenzie R., *The City*, University of Chicago, 1925, Chicago Ill. E.U.A.

La teoría del crecimiento urbano por contigüidad ha sido aplicada previamente en los estudios elaborados por Eran Razin y Micael Rosentraub (2002).

a2) El crecimiento lineal, es el que se lleva a cabo debido a la influencia que las vías de comunicación tienen en el territorio para que los asentamientos humanos se ubiquen privilegiando la proximidad a las vías de acceso.

b) El crecimiento discontinuo;

El crecimiento discontinuo, o extra ciudad se conceptualiza como la generación de tejido urbano desligado de los bordes Pendall (1999).

b1) Crecimiento cumular, es comúnmente denominado como 'Leap Frog' (salto de rana) en la literatura norteamericana y se contraponen al concepto definido como 'smart growth' (2) o crecimiento inteligente, que pretende adoptar densidades concentradas de acuerdo a una lógica de planeación acorde con la capacidad de soporte del sitio.

Los crecimientos cumulares comúnmente pretenden aprovechar predios agrícolas para usos que aporten mayor renta del suelo, por lo común surgen fuera de las políticas de planeación, debido a que son irregulares desde su origen carecen en mayor o menor medida de servicios urbanos adecuados.

b2) Crecimiento por equipamiento, en esta categoría destaca la influencia que el equipamiento sub urbano ejerce, en algunos casos la complementación de actividades económicas hace que se desarrollen polos de crecimiento extra urbano a los que se agregan edificaciones que complementan el funcionamiento, un ejemplo en Xochimilco es el Reclusorio Sur construido originalmente fuera de la mancha urbana, pero que debido a la intensidad de sus actividades fue circundado por otros edificios complementarios de la función original.

Para el caso de Xochimilco el crecimiento cumular ha resultado significativo en las últimas décadas, la zonificación y las regulaciones urbanas no han logrado controlar el desorden, ello implica la generación espontánea que surge de pequeños núcleos extra urbanos. Aunque su ubicación es predominantemente aleatoria, pueden ser estudiados por el método de la "Ruleta Rusa", para ello es necesario utilizar una herramienta de simulación de tipo multi-agente por medio de un programa autómatas celular genérico (3).

Este tipo de crecimiento esta normalmente en contradicción con la política de control del crecimiento que se afanan sin conseguirlo en seguir una lógica de planeación.

En concordancia con la teoría existente se han propuesto las siguientes clases de crecimiento urbano;

A) Crecimiento continuo:

A1 Expansión por contigüidad.

A2 Lineal (vialidades).

B) Crecimiento discontinuo:

B1 Cúmulos (salto de rana)(3) .

B2 Equipamiento extra ciudad.

(2) Growth management, Nelson C. Arthur, The practice of local government planning, ICMA.

(3) Advanced spatial analysis, The case book of GIS Longley A. Paul. Center of Advanced for Spatial Analysis, ESRI press, London, 2003. Chap. Automat Based Models in Urban Systems, Pag.61 - 67.

III.3.- El crecimiento urbano irregular.

Puede considerarse que durante el proceso de crecimiento urbano dentro del periplo de estudio (1941-2005), la morfología resultante se debe por un lado a las limitadas iniciativas de planificación de la urbanización, pero también se hace evidente la espontaneidad, efecto de la necesidad de los propietarios locales de aprovechar irregularmente las áreas de conservación natural previstas en los Programas Delegacional de Desarrollo Urbano para la Delegación de Xochimilco D.F. del 31 de Julio de 1997, y el más reciente promulgada mediante la expedición de la Gaceta Oficial del Distrito Federal el 6 de Mayo de 2005.

En el programa delegacional de 1997 así como en el de 2005, se enfatiza en la política de protección de la Zona de Conservación en particular el Capítulo VI Acciones Estratégicas e Instrumentos de Ejecución que señala en el apartado 2.- "Evitar el crecimiento de la mancha urbana sobre Suelo de Conservación mediante estrictas medidas de auto control de la población involucrada".

Vale la pena deducir que tal acción es vaga en cuanto a la precisión de corresponsabilidad necesaria para alcanzar el estado de control de crecimiento necesario:

Aun cuando estas políticas de conservación permanecen desde 1992, solamente se observa una ligera tendencia a disminuir la velocidad de ocupación en la delegación, ha descendido de 163 ha/año entre 1990 y el año 2000, a 156 ha/año

*"MODELO PREDICTIVO DEL CRECIMIENTO URBANO, CAMBIOS EN LOS USOS DEL SUELO Y EFECTOS A LA RECARGA NATURAL DEL ACUÍFERO";
Estudio de caso, Xochimilco D.F.*

entre 2000 y 2010, sin embargo es probable que tal tendencia no se ajuste a lo que se observa en particular en la Zona Natural Protegida. Sin ser el objetivo principal de la tesis conocer el efecto de la aplicación de las regulaciones legales en las tasas de urbanización se puede considerar que aun contando con los instrumentos jurídicos aplicables, el fenómeno del crecimiento urbano espontaneo persiste en la zona de recarga de los mantos acuíferos.

No obstante la existencia desde hace un tiempo relativamente largo de instrumentos de planeación, así como el esfuerzo de las autoridades por operar el plan, en la práctica y en particular en el caso de la Zona de Conservación Ecológica, el programa ha perdido la capacidad para detener la presión de los propietarios para construir en sus predios más allá de la capacidad de los usos permitidos y de las normas aplicables, sobrepasando los lineamientos del programa de manera múltiple y constante.

La mejor evidencia de la ineficacia del Programa de Desarrollo Urbano es el hecho de que la zona de conservación al sur del área lacustre protegida en 1992 (Lat 2,130 Long 4,900), para el año 1997 se incluyó a las áreas de actuación con políticas de Rescate Ecológico incluyendo una zona urbanizada de 2.3 km², donde según el programa deberían efectuarse programas con acciones de restauración y reforestación, en el mismo sitio incongruentemente el nuevo programa cambió a la política de consolidación no solo las áreas privadas urbanas, sino también las vialidades y redes de infraestructura, queda claro como en vez de recuperar terreno en el sentido que establecen las estrategias y políticas de ordenación, se continúan perdiendo preocupantemente los controles de planeación.

Las causas del ablandamiento de las autoridades, se deben en principio a la dificultad de la fuerza pública para contener la construcción espontanea, por otro lado, los organismos encargados extienden permisos de construcción mediante concesiones fuera de la normatividad.

En el fondo, un gran obstáculo para planificar eficazmente es la actitud de las autoridades administrativas, quienes permiten el crecimiento urbano de manera discrecional con objeto de evitar cualquier conflicto político social. Se requiere hacer valorar tanto a las autoridades como a los propietarios de los terrenos en las áreas de conservación que las acciones presentes tendrán efecto sobre la forma de vida de las generaciones futuras.

Por lo general los equipamientos urbanos construidos fuera de la ciudad han coincidido con los objetivos de una "lógica" de planeación, sin embargo en su mayoría han generado el crecimiento desordenado en la periferia. Por otra parte, el crecimiento a lo largo de las vialidades interregionales ha resultado inadecuado en algunos casos, ya que en el momento de la construcción no fue previsto el efecto resultante a mediano y largo plazo.

En cuanto a las recientes tendencias hacia el crecimiento cumular referido en el apartado III.2, al parecer son el resultado inesperado de la política plausible de re densificación de las zonas del corazón de la ciudad de México, el Bando II pretende estimular la densificación central, prohibiendo por otra parte la construcción en las delegaciones de la periferia, sin embargo, empíricamente se advierte que la presión por tierra urbanizable de los sectores sociales más desfavorecidos tiene salida mediante asentamientos irregulares de muy baja densidad, ubicados predominantemente en sitios distantes de las vialidades y del control policiaco, con la grave dificultad para el aprovisionamiento de los servicios urbanos elementales en la etapa de consolidación urbana necesariamente consiguiente.

Entre otras acciones para detener el crecimiento urbano irregular en la zona de lomeríos de Xochimilco, se encuentran los fundamentos jurídicos que como se sabe van de mayor a menor nivel de jerarquía; los tratados internacionales, la Constitución política, las Leyes federales, y las Leyes estatales y municipales, los apartados aplicables a la defensa de la zona de recarga ecológica aplicables se enuncian en el Apartado en el anexo correspondiente a "Fundamentos Jurídicos" al final de esta tesis.

III.4.- Las tasas de crecimiento demográfico.

La delegación política Xochimilco en el lapso de 1930 a 1950 elevó notoriamente su tasa de crecimiento demográfico de 2.6, ubicándose por debajo de la media nacional que para el mismo periplo fue de 3.2.

En el periodo 1950-70 la delegación alcanzó una tasa de 4.6, disminuyendo ligeramente en el lapso de 1990-95 a 3.7, cifra muy superior a la de la tasa media nacional de 1.9 para el mismo periplo (90-95), la tasa nacional mantuvo su tendencia al descenso, mientras que en Xochimilco la tendencia al decremento fue menos rápida.

El abrupto incremento de la tasa de crecimiento de población de 2.6 a 4.6 en Xochimilco entre los años 1930-50, permite deducir por diferencia entre crecimiento natural (nacimientos menos defunciones) contra el crecimiento total (incluyendo migración) que la mayor parte del incremento se debió a la inmigración de

población hacia Xochimilco, en un periodo que sin embargo no coincide con el aumento de la tasa de extensión de crecimiento físico urbano, la disminución de densidad de población se observó hasta después de 1970.

III.5.- Los efectos del crecimiento urbano.

Aún antes de que un lugar presente manifestaciones de tipo urbano, sufre en mayor o menor grado las influencias de los centros urbanos, Xochimilco es un ejemplo del efecto de las políticas de explotación del agua para beneficio de la ciudad en detrimento de las formas de desarrollo preexistentes.

Considerando que para lograr consolidar los esfuerzos de la planeación urbana, como lo requiere nuestro país, se necesita entre otras acciones y estudios, identificar los efectos directos del desarrollo urbano, no limitándose a lo intra-urbano, o a la interface, se requiere revisar el concepto de dicotomía campo-ciudad, para evaluar los efectos de la urbanización sobre las zonas rurales, adoptando un sentido de análisis más amplio del que normalmente se emplea. Se hace evidente la necesidad de estudiar con mayor detalle los procesos de cambio de la inter-fase urbana.

III.6.- El agua, elemento imprescindible para el desarrollo urbano.

Es probablemente el factor de mayor importancia para el bienestar futuro de los habitantes de la Ciudad de México, ésta resulta sin duda, una de las áreas más densamente pobladas del planeta donde paradójicamente subsisten graves carencias en cuanto a los recursos necesarios para su sustentabilidad y desarrollo.

Conforme la población y la industria crecen, crece así mismo la demanda de agua, estos dos factores incrementan la demanda año con año.

En cuanto a la disponibilidad, la precipitación en la Región Hidrológica 26 Panuco, alcanzó un promedio de 883 mm en 2006, con un volumen de escurrimiento superficial de 180 mm (1). El fenómeno de cambio en la demarcación geopolítica Xochimilco (12,510 ha), resulta mayormente interesante debido a que el volumen potencial de precipitación de lluvia es de los más altos en la cuenca del Valle de México (957.5 miles de m³/año), siendo amenazado por la creciente modificación de la cobertura natural del terreno (203.14 ha/año) en decremento de la infiltración al subsuelo e impactando a su vez en el balance hidrológico de la región.

Se advierte de manera empírica la grave tendencia a perder gradualmente los recursos agua y suelo, debido al incremento constante de la presión por ampliar la extensión de suelos urbanizables e incrementar la densidad de población.

Ahora que algunos sectores políticos se empiezan a dar cuenta de la importancia del desarrollo urbano sustentable, es conveniente señalar la posibilidad de mejorar la compleja relación de la ciudad con el medio físico natural circundante no solamente

para aprovisionamiento de áreas verdes, sino como proveedor de insumos en sentido amplio, incluyendo el agua con todas las ventajas que ello implica.

Después de haber sido Xochimilco la zona de abasto agrícola para la Ciudad de México, el área se ha visto afectada primero por la captación de sus fuentes naturales de agua y posteriormente por la presión económica y demográfica de los usos de suelo urbanos, siendo estos usos poco adecuados a la vocación natural del sitio, ello aunado a que no se ha logrado hacer respetar eficientemente los lineamientos de planeación urbana, que imponen control sobre los usos del suelo, ello permitiría mantener vigente la importancia de los recursos hídricos como patrimonio natural para el desarrollo sostenible.

III.7.- Las tendencias actuales de decremento del recurso hídrico.

Los efectos son empíricamente evidentes, la disminución de la capacidad de producción agrícola chinampera, ha abatido notoriamente tanto la intensidad de producción por hectárea, como la extensión de cultivo, propiciando la tendencia de cambio paulatino de uso del suelo para aprovechamiento urbano.

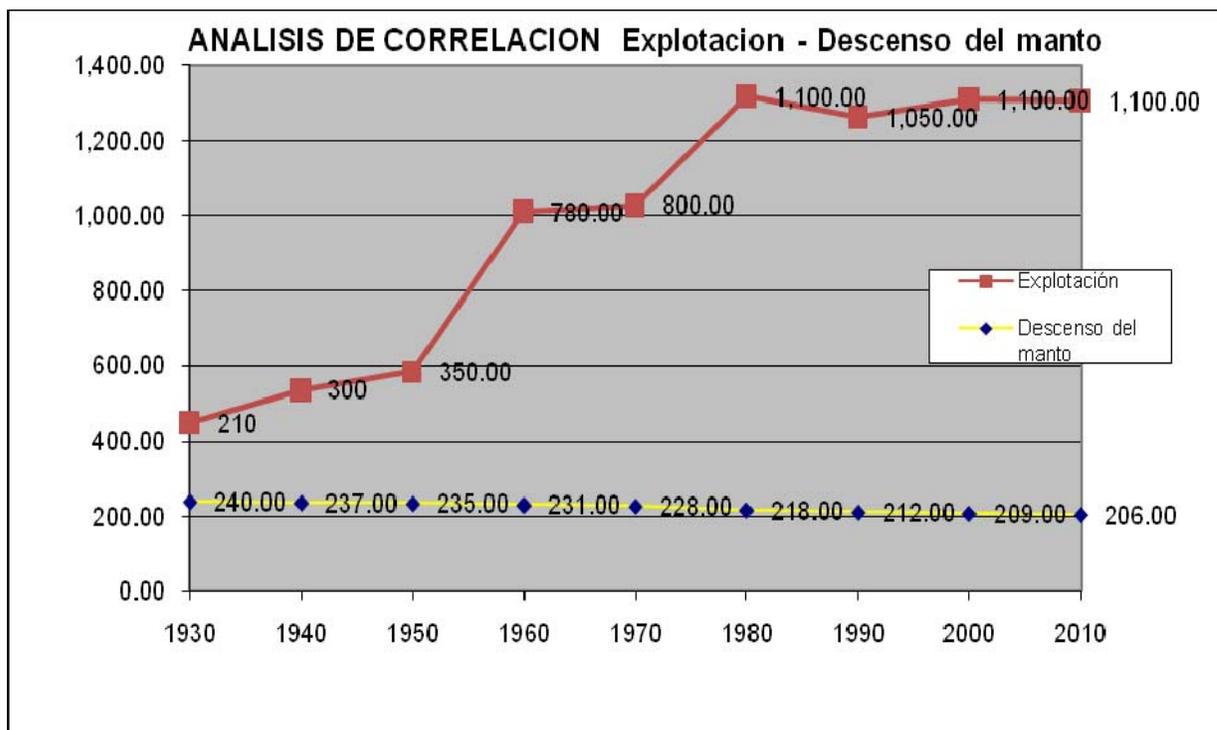
Es irónico pensar que después de la abundancia de agua existente en el valle de México y de los esfuerzos desesperados por desaguarlo a través de los siglos, actualmente es necesario sobreexplotar los mantos acuíferos, últimos elementos de lo que fue la eficiencia hidráulica de esta zona, para finalmente obtener tan solo un pequeño porcentaje del agua potable necesaria en la ciudad.

(1) Sistema Nacional de Información Estadística y Geográfica, INEGI, México 2009.

III.8.- Las tasas de decremento del nivel de los mantos acuíferos.

Respecto a la posición de la superficie piezométrica del acuífero, se observa un flujo de agua de tipo laminar que se dirige de manera general desde la Sierra del Chichinautzin hacia el centro del valle para después cambiar su dirección hacia el poniente.

El nivel piezométrico del agua se encontraba en su nivel menor, en la cota 2230 msnm en Junio de 1959 según la oficina de estudios especiales de la CHCVM, ya más recientemente se encontraban a profundidades que van desde la cota 2190 a la 2220 msnm, en el año 2000 según la DGCOH, estando los niveles más someros hacia la parte central oriente de la zona lacustre y la mayor profundidad hacia las estribaciones de la Sierra del Chichinautzin.



Fuentes:

Plan hidráulico delegacional, DDF, México 1983.

Sistema hidráulico del D.F. cronología D.D.F. México 1994.

Para la elaboración de la representación gráfica referente a Análisis de Correlación, Explotación- Descenso del Manto se utilizaron fuentes directas e información aportada por el Ing. Miguel Ángel Cortes, así como por la Ing. Julia Rivera Jaramillo; de la Unidad Departamental de Planes Maestros de la DGCOH

La información referente a descenso del manto freático se tomó del pozo piloto 4 (San Luis 3, ver ubicación en plano anexo, la fuente es el "Programa de disminución de extracción de agua subterránea Capítulo XIII referente a recomendaciones", complementada por las observaciones de DGCOH en 1996, los valores para el pozo 4 en 1930 y 1940 se calcularon por el método de regresión lineal.

Los valores referentes al descenso del manto corresponden a las tres últimas cifras de su altitud con respecto al Banco de Nivel Atzacalco.

La evolución de la superficie piezométrica para el periodo 1983 a 2000 se estudió por Lesser observando que las mayores evoluciones se han registrado al poniente del acuífero, hasta -6.0 m., en la zona de Contreras-Tlálpán, área donde se presenta una acumulación de los pozos de nomenclaturas PS (periférico sur) y PER (periférico).

La zona de abatimiento en el área de Canal Nacional, donde se encuentran varios pozos del subsistema ATN (Ampliación Tláhuac- Neza), así como en la batería de

*"MODELO PREDICTIVO DEL CRECIMIENTO URBANO, CAMBIOS EN LOS USOS DEL SUELO Y EFECTOS A LA RECARGA NATURAL DEL ACUÍFERO";
Estudio de caso, Xochimilco D.F.*

pozos de GAVM denominada TN (Tláhuac- Neza), evidencia la relación explotación con el abatimiento del nivel piezométrico en esta zona, se registra un descenso de - 2.0 m. para el mismo periodo (3). Los datos de profundidad de explotación más recientes indican que para el año 2001, los niveles estáticos han descendido oscilando entre 40 a 120 m (4).

La tendencia al abatimiento de los mantos freáticos es algo preocupante, sobre todo si se consideran a futuro los gradientes de costo / profundidad de extracción.

Los pozos requieren alcanzar profundidades cada vez mayores, para el año 2001, los niveles estáticos de la delegación se encontraba a profundidades que varían de 10 m hasta 85 m y más, sus caudales de extracción fueron en 1994 de un orden entre 0.08 a 0.11 m³/seg.

La calidad del agua es deficiente hacia la porción oriente del Distrito Federal, debido a la contaminación por desechos sólidos y por drenado del acuitardo, al poniente la calidad es aceptable.

Con objeto de entender los programa de disminución de sobre bombeo en la delegación, se han tomado datos de mediciones de los pozos que tienen estaciones piezométricas, con profundidades de entre 60 a 100 m. la mayor parte se encuentra en la zona plana de la delegación, donde existen mantos de arcilla compresible. En cada estación se efectúan lecturas periódicas en diversos horizontes, ello permite obtener un panorama del régimen piezométrico, las lecturas se refieren al nivel del terreno en ese lugar, el cual a su vez queda referido al nivel del mar mediante estaciones con bancos de nivel fijos.

DESCENSO DEL NIVEL ESTÁTICO			
Descenso del manto en el pozo SL-20 (San Luis 20)			
	Nivel:	Descenso (mts)	Prom. Anual
1930	2240.5 m.s.n.m.	-5.0	0.0
1940	2237.4 m.s.n.m.	-2.4	0.24
1950	2235.0 m.s.n.m.	0.0	0.26
1955	2231.0 m.s.n.m.	4.0	0.8
1960	2228.0 m.s.n.m.	7.0	0.6
1970	2218.0 m.s.n.m.	17.0	1.0
1976	2212.0 m.s.n.m.	23.0	1.0
1980	2209.0 m.s.n.m.	26.0	0.8
1996	2206.0 m.s.n.m.	32.0	0.37
Promedio de descenso anual:			0.76

*"MODELO PREDICTIVO DEL CRECIMIENTO URBANO, CAMBIOS EN LOS USOS DEL SUELO Y EFECTOS A LA RECARGA NATURAL DEL ACUÍFERO",
Estudio de caso, Xochimilco D.F.*

Fuente: Herramientas Para el Cambio, Modelos Matemáticos para Acuíferos del Valle de México, Comparación de Evoluciones Piezométricas Calculadas y Observadas, Carlos Cruickshank Villanueva, 1980. Lamina 6.2 Cap. 6 Pág. 6.

El pozo SL-20 se ubica en San Luis Tlaxiátemalco, 96°30', 27°45' (ver plano referente a descenso histórico del manto).

-
- (3) Estudio para determinar la Evolución del Nivel de Agua Subterránea en la Zona de Explotación del D.F. Mediciones y Balance, Lesser, DGCOH.1999. Colocación DGCOH, 7246-L173-e.
(4) Plan de Acciones Hidráulicas 2001-2005 Delegación Xochimilco.

DESCENSO DEL NIVEL DEL MANTO ACUIFERO

La cota topográfica del nivel medio del espejo de agua en 1988, fue de 2,235.5 m.s.n.m., utilizando los mismos datos del pozo 10 que aplicó Cruickshank en el año 1980, complementándolos con la observación de 1996 y con los valores para 1930 y 1940 que se calcularon por medio de regresión lineal, debido a que la operación de la red de estaciones Piezométricas de la Comisión Hidrológica de la Cuenca del Valle de México inició a operar a partir del año de 1952, resulta que el promedio anual de descenso del nivel estático en el perímetro septentrional de la planicie aluvial de Xochimilco, a partir de 1952 y hasta 1996, fue de 0.76 m anuales.

El mismo Cruickshank informa de descensos piezométricos de entre 15 y 20 m. para la zona entre los años 1955 y 1976 (5).

III.9.- Decremento del volumen almacenado.

En Xochimilco se extrae agua por medio de pozos profundos desde 1932, actualmente se cree que se lleva a cabo en un volumen mayor al de su recarga anual, estos mantos subterráneos, consisten en esponjas naturales de distintos grosores y tamaños que descansan sobre superficies impermeables de distintas formas y características. Estos depósitos en el interior de la tierra, se han ido saturando de agua a lo largo del

tiempo geológico gracias a diversas infiltraciones de agua superficial y escurrimientos de corrientes subterráneas. Dadas las características sobre todo el tiempo, este recurso fósil se ha calificado como no renovable, y solamente una pequeña parte puede considerarse como renovable en el caso de los volúmenes de agua de recarga. Cada año los acuíferos subterráneos reciben cierto volumen de agua procedente de diversas fuentes como la precipitación pluvial, recarga con agua tratada, arroyos, ríos, canales, presas etc. este volumen se conoce como la recarga anual. El decremento del nivel de la superficie del manto sugiere la disminución paulatina del volumen almacenado.

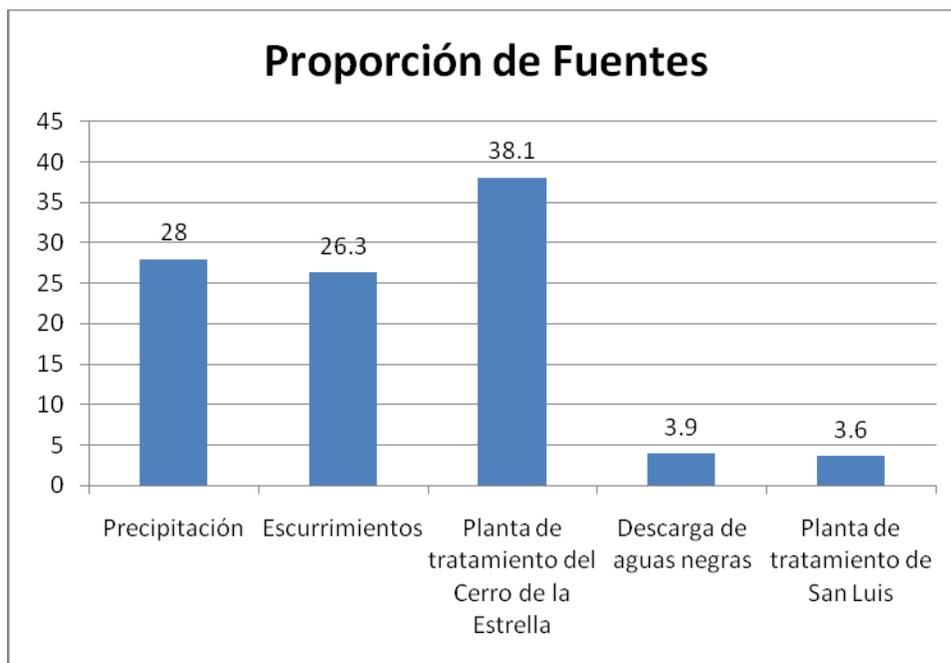
III.10.- Decremento de la calidad del agua.

Además de la disminución de la cantidad del agua de todos los mantos acuíferos de la cuenca del Valle de México, los acuíferos profundos en el subsuelo deben ser consideradas como recursos naturales muy difíciles de renovar, y aún cuando en la actualidad se reinyecta agua tratada, algunos estudios al respecto advierten sobre el problema de reinyectar aguas tratadas que no cumplen la NOM 1 (Norma Oficial Mexicana) para tal efecto, la norma es poco precisas y se mantienen dudas en cuanto a la operación de los sistemas de tratamiento y aun cuando estos operasen adecuadamente, de todas maneras existe una disminución de la calidad del líquido el cual debe permanecer según la norma, entre cinco y diez años en depósitos aislados antes de ser reutilizada.

Al interior de la zona de chinampas en 2005, el agua para cultivo es suministrada por diferentes aportes;

- a) Por la que llueve en el sitio (28.0%).
- b) Por escurrimientos superficiales (26.3).
- c) Por las plantas de tratamiento del Cerro de la Estrella (38.1%).
- d) Por la planta de tratamiento San Luis (3.6%).
- e) Por descargas de aguas negras (3.9%).

(5) Informe Técnico de Hidrogeología, Cruickshank Villanueva Carlos, 1988, Anexo 4.



Fuente; Plan de Acciones Hidráulicas 2001 – 2005 Xochimilco, D.G.C.O.H., 2001 pág. 38

Siendo frecuente que los cultivos presenten problemas de contaminación biológica, la tendencia a aprovechar el sitio para la producción de flores favorece a la economía, sin embargo, los permisos otorgados para construir invernaderos y obras para transportar la producción florícola (como calles y puentes) ocasionan enrarecimiento en la aséptica del uso del suelo permitido (protección ecológica) y poco a poco se generan de manera informal, otros usos como el de habitación sin servicios y el comercio

III.11.- Disminución del volumen de dotación por habitante.

Aun cuando el suministro a la ciudad se mantiene dentro de parámetros mayores a 300 litros al día por habitante (6), volumen suficiente según lo establecido en el Capítulo III Art. 81 del Reglamento de Construcciones del Distrito Federal, es patente el déficit del suministro, principalmente en la zona oriente del D.F. durante la época de estiaje.

Los técnicos insisten en salidas para trasponer este umbral al desarrollo de la ciudad, es sabido que el costo del agua está subvencionado con fines políticos y en caso de incrementarse el problema como para ser considerado uno de los más apremiantes para los habitantes de la ciudad, seguramente se podrían destinar mayores recursos para ampliar las áreas de explotación, sin embargo la alternativa más clara parece ser disminuir la fuga de agua de la red de distribución que fluctúan en un volumen de más del 30% del total.

(6) Reglamento de Construcción para el Distrito Federal, Arnal Simón Luis, Betancourt Suarez Max, Ed. Trillas, 2003. México D.F.

IV EL ESTADO DEL ARTE.

En este capítulo se describen las tendencias y los avances de las investigaciones que tienen lugar en el mundo y que pueden aportar algún criterio de referencia para la investigación. A partir de analizar los estudios de referencia se decidió utilizar un modelo para la predicción de los cambios en los usos del suelo de Xochimilco, por lo cual se consideró importante evaluar todo lo relativo a los modelos factibles de utilizar iniciando desde el concepto genérico de modelo.

IV.1.- El concepto genérico de modelo.

En sentido amplio, el concepto de modelo ha venido cambiando a partir de los años sesenta, fue originalmente usado en referencia a los procesos secuenciales de algoritmos matemáticos o a la solución mecánica de ecuaciones numéricas representadas por algoritmos. En general los modelos permiten decidir la significación de algunas variables dentro del algoritmo calibrando sus parámetros de acuerdo con la información histórica.

IV.1.1.-Modelos predictivos del efecto del crecimiento urbano en la hidrología.

El ejemplo típico de modelo de crecimiento urbano es el creado por Lowrey (1964) que consta de cerca de una docena de ecuaciones con varios parámetros.

La representación de algunos sistemas de aspectos sociales urbanos llegan a ser muy complejos debido al número de los componentes intervinientes.

Los antiguos sistemas metodológicos no son adecuados para la simulación de los actuales sistemas urbanos, estos requieren de metodologías "suaves" (Berry y Fourier, 2002). La nueva filosofía enfatiza en la aplicación de técnicas para reproducir los procesos de pensamiento con objeto de lograr comprender la solución de problemas complejos.

Esto es particularmente útil para las ciencias aplicadas, así como en la planeación urbana, donde el conocimiento humano tiene un efecto determinante, en este sentido, el contenido y la connotación de los modelos es ampliado para poder incluir un gran número de componentes conceptuales. Un típico ejemplo de estos modelos es el de la concepción en los múltiples estados de un evento a través del tiempo.

Debido a que la ciudad crece y se modifica de manera heterogénea y que las coberturas del suelo natural tienen también discontinuidades, resulta conveniente recurrir a un modelo de crecimiento urbano que logre predecir la extensión y ubicación espacial de los cambios en los usos de suelo, así como la magnitud cuantitativa derivada de su impacto.

Aun cuando el proceso del pensamiento humano es el más complejo método utilizado para la toma de decisiones, logrando simplificar estructuras muy complicadas en simples planteamientos lógicos, los procesos numéricos auxilian significativamente durante la comprensión de los problemas.

Al llevar a cabo la búsqueda de algunos modelos de crecimiento urbano aplicados específicamente a estudiar sus efectos hidrológicos y específicamente a modelar los efectos que los cambios de uso del suelo provocan a los procesos de infiltración y decremento de la recarga de acuíferos, no se encontró información alguna.

En este estudio tal modelización incluye la incorporación de una nueva perspectiva de aplicación de los modelos para la comprensión más clara de la magnitud del decremento de agua de lluvia provocado por efecto del crecimiento urbano.

En nuestro caso el modelo persigue aportar una mejor toma de decisiones para el control del desarrollo urbano con objeto de conservar el ciclo del agua.

IV.1.2.- Modelos predictivos de crecimiento urbano aplicados al análisis del medio ambiente.

Pocos modelos de crecimiento urbano han sido aplicados al análisis medioambiental, entre ellos es conocido el denominado California Biodiversity Project: Application of Ecological Data to Biodiversity Analysis (2004), como su título lo indica se trata de un modelo que estudia la biodiversidad aplicando criterios ecológicos para todo el Estado de California E.U.A.

IV.1.3.- Modelos de predicción de crecimiento urbano.

Los primeros modelos de crecimiento urbano entre los que destaca el de Lowry (1976), no incluían la posibilidad de aplicar programas de GIS (sistemas de información geográfica).

Entre los programas exitosos mas difundidos, que aprovechan la aplicación de los sistemas de información geográfica, se encuentra el de Landis (1995), denominado California Urban Future, en su primera generación en 1997 logró predecir únicamente el uso de suelo habitacional, en 1995 se elaboró un modelo con capacidad para determinar usos de suelo diferenciados (habitación, industria, comercio y equipamiento). Este modelo logra representar la competencia entre usos del suelo mediante calibración histórica, incorporando una pseudo valoración de renta de suelo.

Por ser mas ampliamente aplicados, los programas de análisis de transporte se han generalizado fuera del ámbito académico, entre ellos uno de los pioneros fue el del Sistema de Transporte del Estado de Oregón, Estados Unidos.

La aplicación de los programas de predicción de crecimiento físico urbano que se han logrado aplicar operativamente a la planeación, han sido los de las ciudades

de Beijing, Dallas y Houston, el del estado de Utah y el de la región de Charleston en Carolina del Sur, este último programa ha sido escogido para adaptarlo y aplicarlo como herramienta para la elaboración de esta tesis.

Según su ámbito, enfoque y complejidad los modelos de predicción del crecimiento urbano pueden clasificarse de esta manera:

- a) Modelos de crecimiento de tipo cerrado (clúster).
- b) Modelos de crecimiento de tipo percolación; en ellos se simula el crecimiento contiguo, dentro de estos se encuentran los modelos de tipo CA (autómata celular), aplicando técnicas similares a las del crecimiento celular biológico, se ejemplifican por el modelo de la bahía de San Francisco elaborado por K.C. Clarke en 1997, Batty et al. 1999 y Ward et. al. 2000(1)(2)(3).
- c) Modelos de aplicación de imágenes por sensores remotos, Civco, Hurd, Wilson, Song y Chang reportan desde 2002 la aplicación de estudios de cambio de cobertura y uso del suelo.
- d) Modelos de aplicación de cadenas de Markov y matrices de cambio, expuestas por Boerner et al. (1996) Lo, y Shipman desde 1990. Modelos utilizando líneas de trayectorias de cambio de uso del suelo como patrones temporales, fueron reportados por Mertens y Lambin en 2000, y por Petit et al. en 2001.
- e) Modelos de crecimiento de tipo fractal; El principal exponente es M. Batty quien publicó sus primeros hallazgos en 1994, en el año 2000 H. Makse (4) publicó sus experiencias sobre el modelo de crecimiento de Berlin y en el mismo año M.J.

(1) Generating Urban Forms From Diffusive Growth, Batty Mike, Environment and Planning, A, 23, pp 511-544.

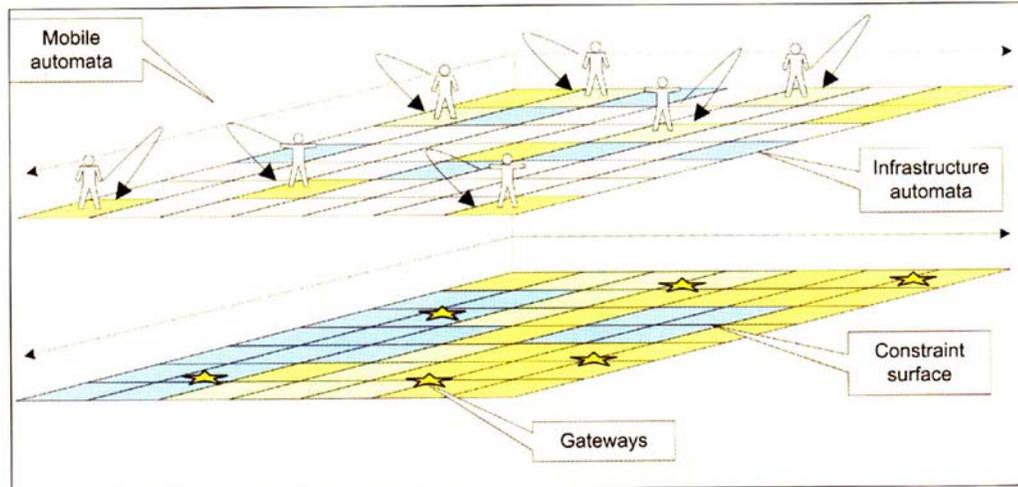
(2) A self Modifying Cellular Automaton of Historical Urbanization in the San Francisco Bay Area, Clarke K.C. Environment and Planning B, 24, 247-261.

(3) Fractal Cities, Batty Mike, Academic Press, 1994.

(4) Modeling Urban Growth Patterns, Herman Makse, Boston University Boston USA, 1995, Nature, 3: pp 608-612.

Ungerer refiere la adopción de un modelo de autómata celular aplicado al mismo estudio de caso de Clarke versando sobre el crecimiento de San Francisco California E.U.A.

*"MODELO PREDICTIVO DEL CRECIMIENTO URBANO, CAMBIOS EN LOS USOS DEL SUELO Y EFECTOS A LA RECARGA NATURAL DEL ACUÍFERO",
Estudio de caso, Xochimilco D.F.*



Automata celular y sistema multi-agente. Fuente; Torrens M. Paul, Automat based modelos of urban systems, Advanced spatial analysis, ESRI, Chapter 4, USA.

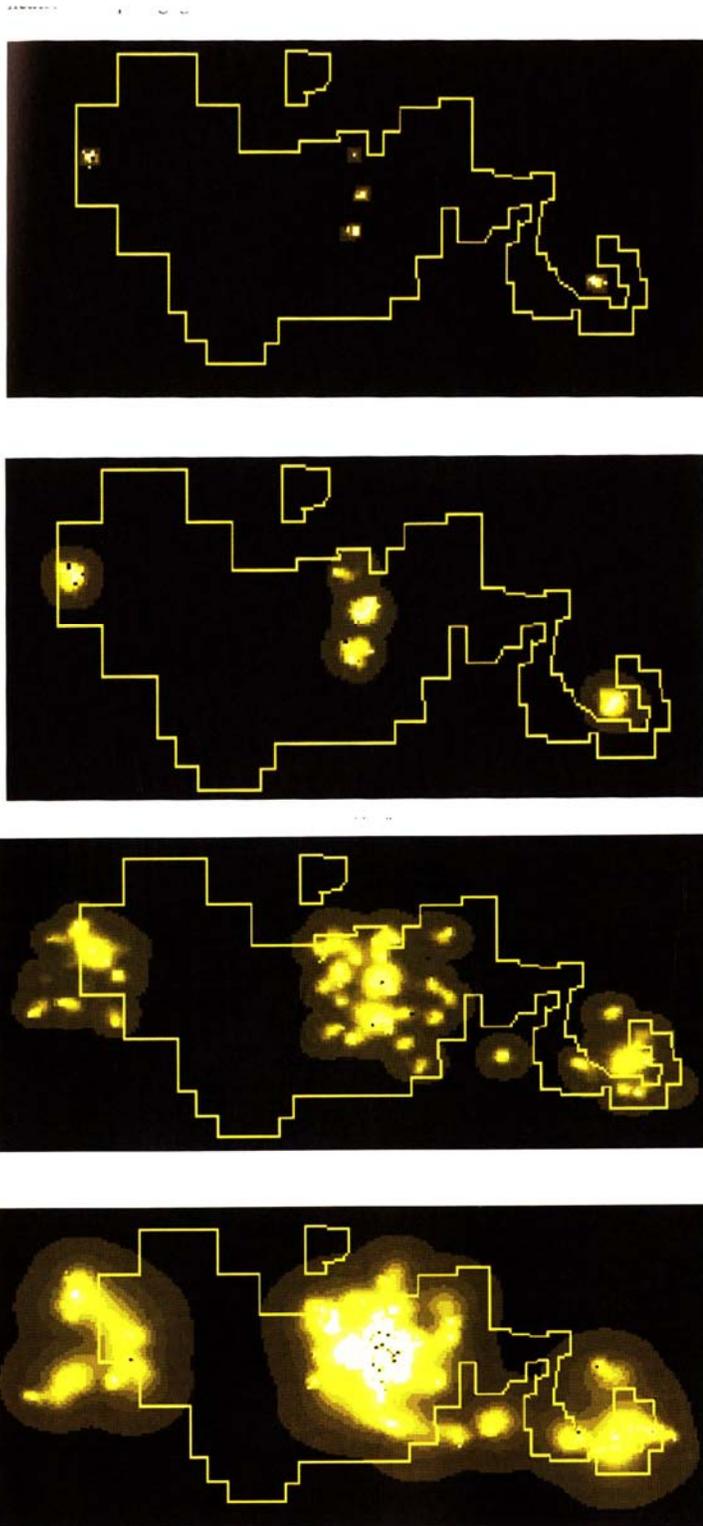
IV.1.4.- Tendencias de los modelos de crecimiento urbano.

Debido al crecimiento económico en China, existe una nueva corriente de estudio y aplicación práctica de los modelos de crecimiento urbano en el sur este asiático, Huiping Liu y Qiming Zhou de la Escuela de Geografía, Universidad Normal de Beijing, publicaron en 2005 un estudio referente a la dinámica de los cambios de uso del suelo en la frontera urbana al este de Beijing, el modelo incorpora el uso de sensores de tipo remoto, sistemas de información geográfica y un modelo matemático que incluye el concepto de trayectorias principales de cambio de uso del suelo.

La técnicas mas avanzadas en las universidades de Estados Unidos, en particular en California emplean con mayor frecuencia el modelo de tipo Autómata Celular que consiste en realizar secuencias del programa en las que el procedimiento incluye la 'lectura' no únicamente de los datos de las variables de la celdilla, sino la de las ocho celdillas circundantes (5) y en algunos casos de ubicaciones más distante.

(5) Implementation of cellular automata models in raster GIS dynamic modeling environment: an example using the Clarke Urban Growth Model. Abstract GIS/EM4, 2000.

*"MODELO PREDICTIVO DEL CRECIMIENTO URBANO, CAMBIOS EN LOS USOS DEL SUELO Y EFECTOS A LA RECARGA NATURAL DEL ACUÍFERO";
Estudio de caso, Xochimilco D.F.*



Evolución de un modelo híbrido de crecimiento urbano, Automata celular y sistema multi-agente. Fuente; Paul A. Longley *Advanced Spatial Analysis* ESRI 2003. *Urban systems, Advanced spatial analysis*, ESRI, Chapter 4, USA.

IV.2.- Los modelos de simulación de eventos.

IV.2.1.- Modelos de análisis del comportamiento Hidrológico.

Entre otros los modelos mas importantes por su uso generalizado y calidad comprobada son en primer lugar; HEC-HMS (2001), elaborado por CH.A. Johnson para el cuerpo de la armada de los Estados Unidos, mediante el cual se logra simular el comportamiento en el tiempo, de masas de precipitado dentro de un modelo de elevación topográfica.

En segundo lugar se ha difundido para su prueba un programa australiano elaborado por CH. Ryan denominado *CatchementSim* (2004), tiene como objetivo simular el comportamiento de masas de agua en cauces de ríos.

IV.2.2.- Modelos de análisis de crecimiento económico y social.

Los cambios en los usos del suelo metropolitano normalmente refractan sus inter relaciones con los factores sociales – económicos seleccionados, el análisis de los patrones temporal – espacial provee un medio para el entendimiento de las relaciones entre el crecimiento urbano y la economía de referencia, la población y los factores ambientales. En 2002 se publicó un modelo de predicción basado en determinantes económicas y sociales para entidades urbanas, elaborado por la Universidad de Washington se denomina *UrbanSim*.

Por lo general estos modelos no proveen de información físico espacial, se especializan más que otra cosa en aportar indicadores de crecimiento económico poco precisos en cuanto a su ubicación en el espacio.

Entre estos modelos se encuentra el denominado; *Modelo de dinámica urbana*; evalúa crecimiento y aglomeración, fue elaborado por Marcus Berliant y Wang Ping para las Universidades de Washington, Vanderbilt y California.

En el estudio se considera al capital como una función de inversión, examinando su incremento durante el tiempo. Las variables significativas son; el volumen de población, el empleo y el ingreso promedio per cápita.

Este tipo de modelo tiene rangos de validez de resultados mas estrechos que los de crecimiento físico urbano debido a que las variables económicas son muy impredecibles.

(6) *Dynamic Urban Model; Agglomeration and Growth*, Berliant Marcus, Wang Ping, Social Working Paper 1167, California Institute of technology, 2003.

V. METODO.

Con objeto de alcanzar los objetivos de la tesis, se decidió elaborar y aplicar un método, el cual consiste en formular una hipótesis que deberá de contrastarse con los resultados que se obtengan.

La hipótesis debe estar circunscrita a los marcos, histórico, físico y temático, el proceso metodológico adoptado estudia las causas, los cambios y los efectos. El proceso general sigue una secuencia de estudio de va desde lo más general a lo particular.

La metodología específica para el estudio de caso contempla el mismo procedimiento utilizado por los doctores Jeffrey Allen y Lu Kang en la región de Charleston, Carolina del Sur, Estados Unidos.

En este capítulo se describen la hipótesis, los marcos de circunscripción, los objetivos, el objeto de estudio y el procedimiento metodológico, así mismo se describen de manera general los procedimientos numéricos utilizados.

A partir del análisis de los modelos utilizados en ejercicios similares al nuestro descritos en el capítulo referente al Estado del Arte, se decidió adaptar el modelo de cómputo pre existente utilizado por el Dr. Allen.

V.1.- Hipótesis

Esta se ubica dentro de los planteamientos de índole deductiva, se basa en el resultado de observaciones empíricas previas y de otros estudios que aún cuando tienen enfoques diversos sugieren la posibilidad de comprobación entre los temas principales, el "desarrollo urbano" y la "hidrología", manteniendo la cualidad de resultar contrastables mediante la inferencia de los cambios y de las consecuencias, para identificar y evaluar la relación "causa- efecto".

"Como empíricamente se advierte al observar la tendencia de abatimiento del nivel piezométrico de los mantos acuíferos subterráneos, el balance hidrológico en la zona de explotación sur de la cuenca de la Ciudad de México es deficitaria.

Tal condición se debe por una parte a la sobre explotación del recurso, por otra al decremento del volumen de recarga como consecuencia de la disminución de la superficie de recarga natural debido a la modificación de la cobertura natural del suelo causada por la urbanización.

Si se mantiene el actual patrón de crecimiento urbano en el suelo de Conservación Ecológica de la Delegación Xochimilco, continuarán disminuyendo los volúmenes de recarga del acuífero, arriesgando cada vez más el compromiso de mantener en el futuro el adecuado funcionamiento hidrológico de la zona".

V.2.- Marco físico.

La zona de estudio comprende a la delegación política Xochimilco, que tiene una superficie de 12,517 ha, dentro de este perímetro se observa la problemática de esta tesis referente al impedimento que la urbanización ocasiona para la recarga natural de los mantos acuíferos, en la delegación Xochimilco se han medido los mayores volúmenes de precipitación dentro del Valla de México y donde recientemente se han registrado altas tasas de crecimiento urbano.

Seguramente la delegación Xochimilco ofrece un escenario conveniente para lograr identificar la magnitud del problema de impedimento a la infiltración de las superficies naturales después de su urbanización.

V.3.- Marco temporal.

La manifestación jurídico-política más común entre los pueblos de Mesoamérica eran las ciudades-estado menores, en las que un centro comercial y religioso dominaba a varios pueblos agrícolas subordinados, siendo este seguramente el caso de Xochimilco se pretende estudiar únicamente el proceso de cambio desde su incorporación como zona de aportaciones de agua para la ciudad de México en 1930 y hasta 2005.

Cuantificando las áreas inundadas de los grabados publicados por Schilling (1936), en su edición alemana "Los Jardines Flotantes de Xochimilco", en 1886 existía un área aproximada de 3,580 has, para 1900 se estimaba al lago de Xochimilco (según Ezcurrea 1984) una capacidad de 20 millones de m³, sin embargo para 1964, había descendido a tan solo 2, 26 millones de m³, en un área de 199 has.

Las primeras obras de aprovechamiento del agua de Xochimilco para la ciudad, se iniciaron en 1908, sin embargo, la explotación se ajustaba a la de los manantiales superficiales al sur del poblado, estas derivaciones de agua de manantiales alcanzaban en un inicio 300 lts / seg de La Noria y 600 lts / seg de Nativitas, al incluirse los de San Luis Tlalxiltamalco arrojaban 2,100 lts / seg. para 1932 la aportación de Xochimilco requirió de obras de perforación de pozos, llegaba a 3.00 m³ / seg calculándose que las pérdidas por fugas eran de 525 lts./ seg (1).

Periplo post revolucionario; En los años 40, el sistema chinampero entró en crisis ecológica, debido a la disminución del volumen y nivel de agua en los canales, al cambiar los factores hídricos necesarios para la producción chinampera, se produjo una desorganización del trabajo familiar, que obligó a la población económicamente activa a buscar otras fuentes de trabajo más redituables (2).

Según "La cronología del sistema hidráulico del D.F." (1994), se efectuaron obras de ampliación y rehabilitación de captaciones en Xochimilco, durante 1954, con un incremento de 1.2 M³/seg con aportaciones totales de 4.2 m³/seg, estos hechos, afectaron según Ezcurrea (1984) muy seriamente a la región chinampera, trayendo como consecuencia la disminución de la agricultura, y el desequilibrio ecológico.

En 1951 se había incorporado ya el sistema Lerma, y en 1956 se termina el sistema Chiconautla, aliviando la presión de la población de la Ciudad de México (3.46 millones de habitantes en 1956) sobre la zona explotación de Xochimilco.

Durante 1958 se perforan en Xochimilco 8 pozos más saturando el acueducto que solamente tiene capacidad para 3.00 m³/seg (3).

Debido al descenso referido, en los niveles de agua de los canales, en 1955, durante los estiajes, hubo gran alarma entre los habitantes de Xochimilco, y para que los recursos

del lago aumentaran, en 1957 se derivaron las aguas del Río Churubusco por el antiguo cauce del Canal Nacional, haciendo la bocatoma en la llamada "Curva de Judas" desde esta se construyó un canal derivador que se liga al viejo Canal Nacional y éste descarga

(1) Ezcurrea Ezequiel , Op. Cit. (pág. 8) Cap.II.

(2) En muchos lugares y Todos los Días, Salles Vania y Valenzuela José Manuel. El Colegio de México. 1997. (3) Agua e Hidrología de la Cuenca del Valle de México, Guerra Luis Manuel, 1988.

*"MODELO PREDICTIVO DEL CRECIMIENTO URBANO, CAMBIOS EN LOS USOS DEL SUELO Y EFECTOS A LA RECARGA NATURAL DEL ACUÍFERO";
Estudio de caso, Xochimilco D.F.*

finalmente las derivaciones a los canales de Xochimilco (4), en 1959 aumenta el caudal a 4 m³/seg. y en 1963 se obtienen 5m³/seg.

Con las nuevas aportaciones aumentaron artificialmente los niveles y entonces, por lo contrario, se produjeron quejas por inundaciones en los campos de cultivo; pero la causa verdadera de éstas fue la influencia de una serie de represas que habían construido los propios agricultores, para retrasar los descensos del nivel del agua en sus propiedades.

En 1966, se instalaron 3 bombas para nutrir de agua al canal de Cuemanco y las chinampas que se encontraban cercanas a este se empezaron a hundir en decenas de centímetros al año.

Las décadas recientes, en 1970 hubo la necesidad de equipar al sistema de pozos para explotación más profunda, empezando nuevamente a hundirse ciertas áreas chinamperas, el sistema incluyó 20 nuevos pozos, estos aunados a los sistemas de bombeo desde los manantiales, hacen un efecto de sobre bombeo del manto acuático subterráneo, disminuyendo el nivel del suelo de las chinampas y ocasionando hundimientos.

En 1975 la improductividad provocó que un gran número de campesinos desesperados tuvieran que buscar empleo en las industrias, desde este momento en adelante los ejidos de Tepepan, Xochimilco, San Gregorio y Atlapulco cultivan predominantemente maíz para autoconsumo.

En 1983 el cultivo de la chinampa descendió en más de 80%, además de una serie de plagas que estaba extinguiendo la escasa fauna existente, estos datos son indicadores del grave descuido de la planeación ecológica, en particular para mantener las practicas agrícolas ancestrales, no únicamente dentro de una óptica económica, sino como el rompimiento de las actividades culturales de explotación racional de los cultivos incluyendo la conservación de las chinampas así como de la rica variedad e importancia de la fauna endémica propia del ecosistema original.

En 1984 se tuvo una importante precipitación, prácticamente inundó toda la zona norte de la chinampa, pero aún así debido a asentamientos diferenciales en el vaso lacustre, el nivel en el sur continuaba estando muy bajo, la SARH (Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos), taponó mediante muros de concreto el paso del agua en los dos puentes que unen ambas partes, provocando daños a la agricultura, al disminuir la humedad del suelo, a la navegación evitando la salida de productos

y en lo social, provocando problemas entre productores y flotilleros a quienes beneficia mantener bloqueados los puentes (5).

V.4.- Marco temático.

El enfoque temático toma contenidos de las ciencias naturales por la necesidad de utilizar conceptos referentes a la geografía, a la Geología y en particular a la Geología hidráulica.

Por otra parte como mediación de las actividades antrópicas en la realidad física se consideró fundamental el campo de las ciencias sociales en específico del Urbanismo y la Demografía.

Finalmente y de manera fundamental, para efectuar comprobaciones de correlaciones entre valores concomitantes aislando los fenómenos objetivos en la realidad compleja, se

(4) Guerra Luis Manuel Op. Cit. (pág. 9).

(5) Agricultura y Empleo en el D.F. Canabal Calstiani Beatriz, UAM, México, 1992.

emplean instrumentos de análisis numérico, provenientes de las ciencias formales según la clasificación de Bunge M. (1969) la lógica y la matemática "brindan una contribución directa a la investigación, haciendo experimentar transformaciones adecuadas a los datos originales de la estadística" (6).

El tema de estudio podría inscribirse dentro del campo del Urbanismo en su faceta medio ambiental, sin embargo por el hecho de abordar el recurso del agua en relación a su aprovechamiento urbano, el enfoque sale del campo de la Ecología Natural para ubicarse probablemente dentro de la gama de aspectos que estudia la Ecología Urbana.

Esta nueva rama de la ciencia se va desarrollando de manera multidisciplinaria, se presenta como "connotación de aspectos específicos de la interacción de las disciplinas, que dentro del conjunto adquiere un sentido propio o matriz de interdisciplinariedad" (7).

V.5.- El objetivo del estudio.

El objetivo del estudio es conocer las modificaciones en la infiltración de recarga hídrica y el escurrimiento superficial ocasionadas por los cambios en los usos del suelo, en particular los tendientes al aprovechamiento urbano. Los procesos involucrados son considerados de manera discreta en espacio y tiempo.

V.6.- El objeto del estudio.

El objeto de estudio es el crecimiento urbano referido a la infiltración hidrológica de recarga a los acuíferos, utilizando algunos elementos de análisis particular como son; la morfología urbana y sus tendencias, la demografía, la topología, la hidrología y en particular el volumen de agua de lluvia infiltrado en el subsuelo.

V.7.- Procedimiento metodológico.

Para lograr conocer la influencia que tiene el crecimiento urbano en los cambios del volumen de los mantos acuíferos, se decidió seguir el siguiente procedimiento metodológico general: Evaluar las causas del fenómeno, su ubicación dentro de los límites físicos y temporales, así como de los factores intervinientes. El siguiente paso será referir las causas a los cambios y estudiar sus efectos, para ello es imprescindible estimar la rapidez de los cambios para entender la prospección del fenómeno a futuro.

La tesis mantiene un enfoque metodológico holístico integrando varios componentes escogidos para representar las variables más significativas y las reglas que representan el crecimiento de la ciudad mediante un modelo de probabilidad relativa (Pijanowsky et al. 1997), se basa en la integración espacial según la estructura urbana del sitio, proximidades, tamaño y densidad, una vez conocida la magnitud y ubicación espacial del crecimiento, la información se cruza con los reportes geohidrológica para determinar la magnitud y ubicación espacial del fenómeno de decremento de infiltración de agua de lluvia.

Aún cuando se han expuesto ya varios de los principales elementos de análisis, algunos pertenecen a las ciencias naturales, por la necesidad de utilizar algunos conceptos referentes a la Geografía y la Geohidrología.

Por otro lado, como mediación de las actividades antrópicas en la realidad física se consideró fundamental el campo de las ciencias sociales en sus especificidades; Urbanismo y la Demografía.

(6) El Método de la Economía Política de América, Latina, Nogaró Bertrand, México, 1943.

(7) La Universidad Interdisciplinaria, Borrero A., México, 1982.

Finalmente y sobre todo para efectuar comprobaciones de correlación con variaciones concomitantes, aislando los fenómenos observados de la realidad compleja, se emplean instrumentos de análisis numérico, provenientes de las ciencias formales, según clasificación de Bunge M. (1969), la Matemática, "brindan una contribución directa a la investigación, haciendo experimentar transformaciones adecuadas a los datos originales de la estadística".

Es singularmente importante explicar la utilidad de las herramientas de índole cibernético, los programas de cómputo permitieron una gran flexibilidad y dinamismo durante los periplos de calificación de cada una de las celdillas de estudio, así como para efectuar innumerables series de procesamiento de calibración y de determinación del modelo predictivo mas eficaz.

V.7.1 Las causas.

Los análisis de población, se incluyeron a fin de consolidar la comprensión de los determinantes del fenómeno de crecimiento urbano, fundamentalmente para conocer la posible influencia que tendrían los factores demográficos en cuanto a la extensión y velocidad de crecimiento del tejido urbano. Se efectuó un análisis de las tendencias demográficas, empleando como elementos escalares las tasas de crecimiento de población, diferenciando particularmente las tasas naturales y las atribuidas a migraciones, así mismo y finalmente, su correlación con el crecimiento físico de las zonas urbanizadas, para conocer las densidades de población en el espacio, esta variable se consideró de relevancia en cuanto a ser considerada una de las cuatro variables que propician crecimiento físico urbano

Los análisis de las tasas de crecimiento urbano, permitieron mediante sus proyecciones calcular las tasas con las que se espera que a futuro crezca el suelo urbano en Xochimilco.

Siguiendo el orden causa – cambio – efecto, se llevó a cabo el análisis de los temas de fisiología hidráulica, tal como la precipitación e infiltración que resultan significativos dentro del comportamiento de los fenómenos naturales.

Conocer la magnitud de infiltración de agua en la superficie, resulta imprescindible para lograr efectuar el cálculo de manera diferenciada según su ubicación espacial influyendo en la magnitud de las pérdidas en el balance hidráulico medido en $M^3/seg.$

V.7.2 Los cambios.

El número de las variables que empíricamente producen cambios, fueron disminuyendo a lo largo de la realización del estudio, descartando algunas que hacían más laboriosa la tarea de alimentar las bases de datos del modelo y que además resultaban concomitantes y poco significativas en los resultados.

Para evaluar la magnitud de los cambios en el tiempo de la variable de crecimiento urbano, fue necesario conocer las tasas históricas de crecimiento físico, es decir, el espacio urbano construido en $ha/año.$ Al calcular la velocidad de extensión del

crecimiento físico urbano desde 1930 durante cinco periplos hasta el año 2005, se logró ubicar espacialmente los cambios de usos del suelo de no urbano a urbano.

La información de salida del modelo ha permitido determinar las magnitudes de flujos de agua que dejan de captarse según las tendencias históricas de crecimiento urbano medido en Ha/año.

La tesis sigue una secuencia histórica de los cambios del problema, aunque seguramente la importancia relativa de cada una de las variables analizadas ha ido variando a través del tiempo.

En concordancia con lo enunciado en el planteamiento metodológico, y con el criterio de análisis del seguimiento causa – cambio – efecto, se enuncian más adelante las variables de análisis y su importancia, según intervienen inicialmente en el proceso de urbanización y posteriormente su efecto en el comportamiento hidrológico.

V.7.3- Los efectos

Los efectos de la urbanización a lo largo del tiempo, se cuantificaron para conocer las tasas de expansión a lo largo del tiempo.

Una vez terminado el proceso de análisis de los cambios, se procedió a evaluar la magnitud de los efectos, la ubicación espacial, y comportamiento en el tiempo, valiéndose de correlaciones de nexos pertinentes, se llevó a cabo la traducción matemática para identificar los supuestos concomitantes, utilizando los instrumentos de diagnóstico numérico y pronóstico valiéndose del uso del programa de cómputo. Este programa de cómputo es la herramienta de predicción espacial de superficies urbanizadas y a su vez de cuantificación del volumen de precipitado desviado de su curso, el programa de cómputo está escrito en lenguaje Java, la descripción del funcionamiento se explica detalladamente en el Capítulo VI de la tesis, Funcionamiento del Modelo de Proyección para Xochimilco, el código fuente se expone de manera detallada en el Capítulo XI Anexo Metodológico.

V.8.- Herramientas de análisis numérico.

El procesamiento metodológico presupone la disposición ordenada de los datos sobre la base de un conjunto de principios y conceptos organizando variables independientes y dependientes relacionadas con la investigación y su clasificación está de acuerdo con su posición dentro de la estructura del sistema de análisis.

- Con el objeto de mantener orden en la disposición de los datos, estos se organizaron según género tipo y clase, a su vez según la secuencia cronológica

a través del tiempo, utilizando un modelo de reproducción de la dinámica del fenómeno, proveniente de la familia de los cronogramas evalúa la mecánica con la que funcionan los elementos, los nexos pertinentes, las jerarquías y las determinaciones de unos sobre otros.

- Con objeto de mantener orden y rigor en los procedimientos numéricos, se aplicaron los lineamientos sistemáticos de álgebra, utilizando varios procedimientos de revisión.

V.8.1.- Los modelos probabilísticos de regresión lineal.

Debido al empleo de series de tiempo para correlacionar las variables referentes a vialidad, contigüidad y densidad, se consideró la posible existencia de errores correlacionados, por ello en los casos pertinentes, como en las correlaciones entre las vialidades con el crecimiento físico urbano, se propuso realizar una revisión mediante la aplicación del coeficiente de correlación lineal (r), desarrollado por el matemático inglés Karl Pearson (1857-1936), cuidando que no existiese el problema de efectuar el análisis con variables emparentadas en co-linealidad, dificultad que en su caso podría haberse eliminado buscando otra variable mediante la cual se pudiese demostrar la correlación, el procedimiento numérico sugirió llevar a cabo las siguientes tareas:

- Advertir la forma funcional; recta, parábola, senoide etc. graficar la ecuación del modelo general, señalar las características de la variable dependiente y cada una de las independientes.
- Linearizar el modelo según convenga.
- Calcular la matriz del coeficiente de determinación (r^2) de todas las variables contra todas las variables del modelo, una por una.

El coeficiente de determinación se encuentra elevando al cuadrado el coeficiente de correlación, el total de la variación en y se obtiene restando la variación total menos la variación no explicada y dividiéndola entre el total de la variación.

En caso de que hubiesen resultado coeficientes de determinación (r^2) con valores altos, ello supondría la existencia de auto correlación entre las variables, es conveniente que exista cierta correlación, pero no total correlación, en cuyo caso sería necesario eliminar una de las variables, ya que seguramente el modelo se comportaría de la misma o de mejor manera en su ausencia.

Otra manera de apreciar la inexistencia de auto correlación fue observando que los valores de la matriz de variables independientes no son o tienden a cero.

- Se procedió a construir el modelo con las variables que quedaron después de eliminar las auto correlacionadas, aplicando los procedimientos de mínimos cuadrados (regresión lineal), para obtener los estimadores y sujetarlos a la prueba (t) de Student.
- Durante el cálculo del coeficiente de correlación, (r), para todo el modelo, se consideró la norma de que un valor positivo o negativo cercano de 0.8 sería aceptable.
- El cálculo del índice de error estándar de ajuste (e) se efectuó, para analizar y corroborar las hipótesis de bondad de funcionamiento del modelo
El error estándar de ajuste puede indicar que tan precisa podría ser una predicción de y basada en x o bien que tan inexacta puede ser la estimación (8).

V.8.2.- Los modelos probabilísticos deterministas.

Los modelos probabilísticos describen la relación entre las variables independientes y la variable dependiente. Estos modelos son muy utilizados debido a que permiten determinar el valor de la variable dependiente a partir de los datos de las variables independientes.

El modelo de crecimiento urbano tomado del ejercicio del Dr. Allen para Carolina del Sur que se aplica en esta tesis, forma parte de este tipo de algoritmos, estos modelos deterministas provienen originalmente de las ciencias naturales.

De manera convencional, el nivel de confianza aceptable mínimo para proyecciones utilizando este tipo de modelo a 10 años sería de 90% (M. Herold 2002) después de 15 años el nivel de aceptación baja hasta 80% Clarke et al. (9) a medida que el rango de tiempo de predicción es mayor va decreciendo el rango de certeza.

V.8.3 El nivel de confianza aceptable. Se espera que el rango de confianza del modelo utilizado en la tesis, logre predecir el crecimiento urbano y sus efectos en el año 2020 dentro de valores de certidumbre cercanos o mayores al 80%.

(8) Advanced Statistics, Stephens J. Larry McGraw Hill. N.Y. 2004. Chapter 3.

(9) A self Modifying Cellular Automaton of Historical Urbanization in the San Francisco Bay Area, Clarke K.C. Environment and Planning B, 24, 247-261.

VI.-FORMULACIÓN DEL MODELO DE PROYECCIÓN PARA XOCHIMILCO

VI.1.- Descripción del modelo de cómputo específico.

El crecimiento urbano puede tomar diferentes formas espaciales, ocurre de manera predominante en los entornos próximos a la ciudad, en este caso nos referimos a

expansión urbana. Desde la perspectiva de la morfología urbana parecería que el nuevo tejido es generado mediante la extensión de las zonas antecesoras, por otro lado se ha comprobado que existen procesos de difusión física correlacionada con la distribución de la población, correspondiendo los mayores incrementos a las áreas de influencia de núcleos de relativa densidad de población (1).

Algunos estudios de caso muestran correlaciones entre incrementos de población con crecimiento urbano:

Entre las ventajas de la aplicación de los modelos de crecimiento de tipo determinista se encuentra el de la posibilidad de hacer gráficos espacialmente explícitos.

Estos modelos se caracterizan por tener una estructura de celdillas (lattice) homogénea que permiten evaluar el momento de cambio de estado de cada unidad de análisis.

Otra ventaja de tipo computacional es que estos modelos permiten identificar las modificaciones de tipo local, es decir que los gradientes de cambio de cada célula dependen de sus valores (modelo tipo Moore).

Los cambios de uso de suelo de natural a los de tipo urbano pueden ser fácilmente representados mediante reglas de cambio que dependen de los indicadores históricos específicos para el estudio de caso de Xochimilco.

Estos indicadores son determinantes para la calibración de la importancia relativa de cada una de las variables del modelo.

Para hacer posible el manejo del modelo es necesario alimentar las bases de datos del mismo con la información histórica que permita conocer los índices de estimulación (población, vialidades y contigüidad, sus repercusiones en la infiltración de agua) o inhibición del crecimiento urbano (topografía).

Para obtener los resultados fue necesario adoptar un algoritmo de cálculo de cambio de uso del suelo modificando el expuesto por el Dr. Jeffrey Allen y Kang Lu (2), el modelo de esta tesis emplea un programa de cómputo en lenguaje java Script, las bases de datos fueron capturadas y "corren" desde un programa genérico de texto (Windows 7 Word).

Se requirió de un proceso de prueba y ajuste para lograr la calibración de las variables del modelo, ensayando los resultados por el procedimiento de prueba y error;

- a) Ajuste de la calificación de cada variable contra las demás, comparando las diferencias entre las mediciones históricas contra los resultados de las "corridas". Para elaborar el Plano de crecimiento físico histórico, se obtuvo la información de

-
- (1) Developing Urban Growth Predictions From Spatial Indicators, based on multi-temporal images, Centro de Investigación para sensores remotos y SIG, Laboratorio estatal para la ciencia de sensores remotos, Escuela de Geografía, Pekin, China, 2005.
(2) Modeling and Prediction of Future Urban Growth in the Charleston Region of South Carolina: a GIS-based Integrated Approach.

usos de suelo mediante interpretación de fotografías aéreas en escalas que varían de 1:20,000 a 1:40,000 estas se semi-rectificaron y agruparon en mosaicos (1941 a 1996), también se uso una imagen satelital Landsat (2005), las de toma más reciente se verificaron en campo, se clasificó la información y se elaboraron las cartas temáticas partiendo de un plano base georeferenciado para el GIS (Geographic Information System) con traza urbana y curvas de nivel a cada 25 m, en este mapa se sobrepusieron las capas de información temática.

- b) Ajuste del número de celdillas que cambian de uso para alcanzar exactamente la extensión de área que se calcula sea la requerida para los periplos históricos, de los cuales se conoce la extensión, y así mismo para la predicción para la cual se ha proyectado la extensión urbana a futuro.

VI.2.- Variables de análisis.

Una vez que se efectuaron múltiples iteraciones de prueba del modelo de cómputo, se identificaron las variables que resultaron ser eficaces para lograr reproducir de manera realista el fenómeno de crecimiento urbano, con la menor información necesaria y simplificando en lo posible el funcionamiento del modelo. Las variables de crecimiento urbano con las que el modelo resulto más eficiente fueron cuatro;

- La topografía, es la síntesis de los procesos físicos orogénicos hasta el presente. La topografía en correlación con la altitud, influye en la distribución diferenciada de la precipitación. Operacionalmente se miden en m.s.n.m. y en rangos de pendiente. Las características particulares se describen en el apartado VI.5.1.
- Las vialidades, permiten acceder desde la ciudad construida a nuevas ubicaciones de colonos, implícitos en las vialidades se encuentran otros servicios como el de transporte y el de abastecimiento de agua potable por medio de carros tanque. Las características particulares se describen en el apartado VI.5.2.
- Crecimiento por contigüidad, medido en ha. se refiere al crecimiento en el borde, las características particulares se describen en el apartado VI.5.3.

- *Las densidades de población, medida en hab/ha. se refiere al crecimiento debido a la proximidad a espacios densamente poblados las características particulares se describen en el apartado VI.5.4.*

El volumen de la infiltración está correlacionada con la variable topografía y permeabilidad, los resultados de salida del modelo se cuantificaron en mm/ha/año de precipitación que deja de infiltrarse. Los índices de iso infiltración permitieron determinar cuantitativamente las magnitudes de decremento de agua infiltrada en relación a los coeficientes de cada celdilla y a la distribución espacial del crecimiento urbano esperado para el futuro.

La infiltración, interactúa con la topografía y la altitud, ejerciendo influencia sobre las magnitudes y lugares de infiltración, el decremento del recurso es factibles de evaluar en tiempo y espacio mediante la unidad de medición $m^3/M^2/año$, su cálculo es el objetivo fundamental de este estudio para evaluar cuantitativamente los efectos de la urbanización.

VI.3.- Fuentes de información para las bases de datos del modelo.

La información utilizada para estudiar la Topografía, las Vialidades y elaborar el Plano Base; se tomó de un mapa digital proporcionado por el Dr. Jorge F. Cervantes Borja.

Para elaborar las cartas de crecimiento histórico urbano real, se interpretaron fotografías aéreas e imágenes satelitales de seis eventos (cinco periplos):

- *1941-50, Aerofoto escala 1:10,000.*
- *1950-70, Aerofoto escala 1:10,000.*
- *1970-83, DGG Jun. 83, escala 1:40,000.*
- *1983-96, SCT 20-11-96, 1:29,000.*
- *1996-2000, INEGI, Mar 2000, 1: 30,000.*
- *2000-2005 Landsat.*

Para elaborar las bases de datos de densidad de población se aprovechó la información censal por Áreas Geoestadísticas Básicas; de varios censos de población, para información a nivel delegacional y a nivel de Áreas Geoestadísticas Básicas (AGEB) información el XI Censo General de Población y Vivienda (1990), el XII Censo General de Población y Vivienda (2000) y el Conteo de Población de 2005,

específicamente de la unidad geográfica 090130001 Xochimilco, obteniendo información concerniente a:

- Población por AGEB en cuatro períodos.
Para calcular;
- Tasa de crecimiento poblacional.
- Densidades de población.
- Tasas de cambio de densidad.

VI.4.- Manejo de la información.

La información histórica se refiere a la fase metodológica conceptualizada como "Los Cambios" en el apartado referente a la Metodología de la Tesis, incluye a las variables de; Vialidades, Contigüidad y Densidad de población.

La información usada fue almacenada en dos bases de datos ordenadas por series de tiempo con objeto de calibrar adecuadamente el modelo que permite predecir la probabilidad de cambio de uso del suelo.

La información está ordenada de acuerdo a un arreglo espacial dentro de las coordenadas geográficas de la zona de estudio, dividida en celdillas cuadradas que representan una hectárea de extensión cada una, es decir 100 x 100 m, tal nivel de agregación de información permite el doble de resolución que la del modelo utilizado por el Dr. Allen en el Estudio de la Región de Charleston donde se empleo una retícula rectangular de 200 x 100 m.

Después de haber utilizado inicialmente las mismas variables que el Dr. Allen, algunas de ellas mostraron ser redundantes en el comportamiento del modelo, por lo que con objeto de evitar la excesiva complejidad de las bases de datos, se decidió que el modelo utilizara cuatro variables; Topografía, Vialidades, Densidad de población, y Contigüidad a zonas previamente urbanizadas.

El modelo permite "mapear" el crecimiento urbano para diferentes grados de urbanización, partiendo de 1941 es posible limitar o extender la magnitud del crecimiento hasta una saturación hipotética total (Folk Continuum, Castells, 1972) de las áreas vacías.

La información temática de las bases de datos organizada en dos series de tiempo, fue almacenadas en archivos de cómputo de tipo escritura, denominados genéricamente como 'blocks de notas', estos datos escritos son leídos de manera secuencial por el programa de cómputo elaborado en el lenguaje de programación Java script distribuido por Sun Electronics, específicamente Jbuilder ver. 2.

*"MODELO PREDICTIVO DEL CRECIMIENTO URBANO, CAMBIOS EN LOS USOS DEL SUELO Y EFECTOS A LA RECARGA NATURAL DEL ACUÍFERO",
Estudio de caso, Xochimilco D.F.*

La calibración del crecimiento se realizó ajustando la importancia de cada una de las cuatro variables, hasta alcanzad la distribución espacial de crecimiento que más se ajusta al desarrollo histórico real, a partir del punto en el que el modelo sobrepasa la extensión del año 2005 se considera que el modelo permite predecir el crecimiento a futuro.

Con objeto de comparar los resultados del modelo contra la realidad en cada periplo histórica, se elaboró un mapa de cambio histórico de usos del suelo, del que se obtuvieron los valores reales de magnitud y exacta ubicación espacial de crecimiento histórico, aprovechando la capacidad de cuantificar áreas del programa ArcView de ESRI (Environmental Research Redlands Industries, California EUA).

El proceso de preparación de la información en las bases de datos, incluyó la obtención, almacenamiento, revisión, actualización y el análisis logístico. En la salida gráfica del modelo en pantalla (interfase), la disposición espacial de la superficie de crecimiento puede ser calibrado según la valoración diferencial de cada una de las cuatro variables, ajustando su importancia relativa y a la vez la magnitud del crecimiento espacial en cada periplo histórico de estudio.

Los resultados del procesamiento de cada "corrida" de la base de datos en el modelo son manejados numéricamente de manera binaria determinando su posibilidad de cambio en la disyuntiva; su permanencia como uso no urbano, o su transición hacia el uso del suelo urbano, en cada "corrida" los volúmenes de disminución del volumen de infiltración de lluvia son calculados para cada renglón y la suma acumulando aparece en el último renglón. El modelo tiene almacenados en la base de datos los coeficientes de permeabilidad específico para cada celdilla de tal manera que se puede leer en la pantalla la cifra de la magnitud del decremento de infiltración calculado para esa "corrida".

Para predecir el crecimiento urbano futuro (2020) y su efecto hidrológico, se ajustó la magnitud de la extensión física a la que se calculó corresponda para tal periplo. Después de las "corridas" sucesivas del procesador, las imágenes de salida del ordenador fueron sobre puestas a la carta de Crecimiento Histórico Urbana de la zona de estudio con objeto de comparar la concordancia en forma y extensión de la salida del modelo contra la realidad, después de múltiples intentos se alcanzó la óptima calibración.

El mapa resultante en la imagen de salida permite identificar espacialmente dentro de la zona de estudio a las áreas que no son susceptibles de urbanizarse por ser inundables y las áreas urbanizadas antes de 1941, estas son constantes y permanecen sin cambio en la imagen de salida del modelo.

La suma de los valores de volumen acumulado de precipitación no infiltrada es medida en mm/ha/año para cada "corrida" del modelo. La sumatoria en cada renglón significa el acumulado hasta ese renglón, al final de la columna aparece el volumen acumulado de lluvia no infiltrada.

Por medio del algoritmo de computo, se logran identificar las áreas que se urbanizan y por lo contrario, las que para esos valores de calibración permanecen sin cambio, conociéndose su número y ubicación espacial. Para las calibraciones, se va ajustando el valor del rango a partir del cual se produce el cambio de uso del suelo de la celdilla dependiendo de los valores específicos de cada una de las variables en un proceso numérico iterativo celdilla por celdilla hasta terminar el "lattice".

En otros tipos de modelo (Wegener 1994) el objetivo es predecir de manera desagregada los usos del suelo a futuro, sin embargo, debido a que los cambios hacia diferentes usos del suelo producen efectos similares en cuanto a la densidad de obstrucción hidrológica, se decidió emplear el modelo binario y no otro más complejo de predicción de diferentes tipos de uso del suelo.

Al respecto, Huiping Liu (2002) reporta el mayor decremento de confiabilidad de los modelos predictivos con salidas de tipo multivariable en comparación con los de tipo binario como el utilizado en esta tesis.

VI.5.- Clasificación de las variables.

Después de evaluar la pertinencia de las variables utilizadas por Jefferey Allen en su modelo de crecimiento urbano, se resumieron algunas de las variables y se excluyeron otras que se consideraron no significativas para el caso de Xochimilco.

Las variables utilizadas por el Dr. Allen referentes a; Caminos principales, Nodos viales y Densidad de caminos, se sintetizaron en una sola que se denominó Vialidades.

Las variables denominadas, líneas de agua potable y drenaje, no se incluyeron, debido a que después de analizar la manera de distribuir agua potable en las zonas no dotadas de red de suministro, fue evidente que en un área extensa el aprovisionamiento del líquido no dependía de la existencia o no de la red, si no más bien de la posibilidad de acceso a las zonas urbanas mediante vehículos cisterna

de aprovisionamiento. En referencia a las redes de drenaje como factores determinante en la ubicación de los asentamientos, es evidente que no influye en la ubicación debido a la práctica de los nuevos pobladores de infiltran sus aguas servidas al subsuelo.

De manera empírica se puede señalar, que la variable de proximidad al frente del vaso lacustre por motivos estéticos, no parece ser de relevancia como en el caso de Charlestown, probablemente por el desorden de las visuales en la proximidad del vaso lacustre.

En referencia a la atracción que pudiesen tener los macizos de vegetación para decidir los lugares de asentamiento, se procedió a descartarlos como factor de atracción para la urbanización en Xochimilco debido a la frágil permanencia de los macizos de vegetación en las Áreas de Conservación del Programa de Desarrollo Urbano delegacional.

Este último criterio de "preferencia" por los espacios densamente arbolados de los nuevos asentamientos en Carolina del Norte, significan un atributo suntuario difícil de lograr para extensos sectores de pobladores de Xochimilco para quienes es suficiente tener un espacio privado propio.

A continuación, se exponen los procedimientos y criterios que se siguieron para calificar la predisposición al cambio de cada una de las cuatro variables en 11,092 celdillas de análisis, durante cuatro periplos de estudio, para las dos bases de datos que utiliza el modelo de acuerdo al procedimiento ya enunciado.

VI.5.1.- TOPOGRAFÍA.

Como se comenta en el capítulo anterior, esta variable se retomó de la metodología utilizada por el Dr. Jeffrey Allen. Es probable que debido a las diferencias en cuanto a las cualidades topográficas de Xochimilco, estas sean mucho más determinantes para la urbanización en mi estudio de caso, que en de Carolina del Sur debido a que en aquel caso todavía existe un gran porcentaje de áreas relativamente planas. Utilizando el programa SIG Arc View Versión 3.1 con la extensión 3D (tercera dimensión) se transformó la información existente en formato digital con curvas de nivel a cada 50 m, (variables discretas) por información derivada en un modelo de altitud y pendientes (variables continuas). El resultado obtenido inicialmente fue poco satisfactorio por lo que se hizo necesario digitalizar las zonas de mayor rugosidad del terreno con curvas a cada 25m.

El modelo de Elevación Digital (DEM) elaborado mediante el Programa ArcView, ha permitido correlacionar a las pendientes topográficas con el crecimiento urbano en los diferentes periplos de estudio.

*"MODELO PREDICTIVO DEL CRECIMIENTO URBANO, CAMBIOS EN LOS USOS DEL SUELO Y EFECTOS A LA RECARGA NATURAL DEL ACUÍFERO";
Estudio de caso, Xochimilco D.F.*

Crecimiento histórico por periplo y por rango de pendiente

Rangos de pendiente						Suma de áreas	Total de área	Área
	1941-50	1951-70	1971-83	1984-95	1996-05	urbanizadas	por rango	Restante
1 a 10%	2,881,103	5,206,101	6,379,211	7,106,593	1,389,397	22,962,405	31,200,000	8,237,595
10 a 20%	56,769	37,896	496,919	761,435	296,765	1,649,784	6,040,000	4,390,216
20 a 30%	90,413	290,687	763,118	1,534,297	1,078,479	3,756,994	9,650,000	5,893,006
30 a 40%	0	522	134,594	407,515	76,473	619,104	3,380,000	2,760,896
40 a 50%	464,183	482,196	881,806	1,051,699	577,046	3,456,930	12,060,000	8,603,070
50 a 60%	0	363,686	554,330	163,106	61,140	1,142,262	1,450,000	307,738
60 a 70%	0	15,639	355,558	535,323	180,772	1,087,292	3,630,000	2,542,708
70 a 80%	101,573	494,171	2,606,193	3,218,051	1,818,935	8,238,923	30,790,000	22,551,077
80 a 90% mas de 90 %	3,752	36,284	441,602	604,701	368,321	1,454,660	10,380,000	8,925,340
	16,182	69,668	267,174	240,452	161,190	754,666	2,570,000	1,815,334
Área urbanizada	3,613,975	6,996,850	12,880,505	15,623,172	6,008,518	45,123,020	111,150,000	

Proporción de crecimiento por rango de pendiente y por periplo

Rangos de pendiente						Tasa de cambio		Sup.restante
	1941-50	1951-70	1971-83	1984-95	1996-05	de 41 a 05	Total Área	en año 2005
1 a 10%	79.72%	74.41%	49.53%	45.49%	23.12%	11.3	31,200,000	26.40%
10 a 20%	1.57%	0.54%	3.86%	4.87%	4.94%	0.7	6,040,000	72.69%
20 a 30%	2.50%	4.15%	5.92%	9.82%	17.95%	3.1	9,650,000	61.07%
30 a 40%	0.00%	0.01%	1.04%	2.61%	1.27%	0.3	3,380,000	81.68%
40 a 50%	12.84%	6.89%	6.85%	6.73%	9.60%	0.6	12,060,000	71.34%
50 a 60%	0.00%	5.20%	4.30%	1.04%	1.02%	0.2	1,450,000	21.22%
60 a 70%	0.00%	0.22%	2.76%	3.43%	3.01%	0.6	3,630,000	70.05%
70 a 80%	2.81%	7.06%	20.23%	20.60%	30.27%	5.5	30,790,000	73.24%
80 a 90% mas de 90 %	0.10%	0.52%	3.43%	3.87%	6.13%	1.2	10,380,000	85.99%
	0.45%	1.00%	2.07%	1.54%	2.68%	0.4	2,570,000	70.64%
	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%		111,150,000	

Observaciones;

111,150,000 El total del área urbanizada no incluyendo el área inundable.

134,200,000 El total del área de la zona de estudio incluyendo el área inundable.

Existe una diferencia contra la superficie del área de estudio de 12,517ha debido a que en la retícula (lattice) se incluyen celdas que abarcan mayor extensión que la del límite político delegacional.

Las áreas están en m². Los rangos de pendiente están en porcentajes de proporción de longitud contra altitud.

*"MODELO PREDICTIVO DEL CRECIMIENTO URBANO, CAMBIOS EN LOS USOS DEL SUELO Y EFECTOS A LA RECARGA NATURAL DEL ACUÍFERO",
Estudio de caso, Xochimilco D.F.*

TOPOGRAFÍA

*"MODELO PREDICTIVO DEL CRECIMIENTO URBANO, CAMBIOS EN LOS USOS DEL SUELO Y EFECTOS A LA RECARGA NATURAL DEL ACUÍFERO",
Estudio de caso, Xochimilco D.F.*

Aún cuando la delegación Xochimilco comparte algunas áreas formadas en la meseta volcánica, posee únicamente 3,120 ha en pendientes menores al 10% de inclinación,

Conviene señalar que el rango sugerido según la normatividad para ocupación urbana no debe superar 6 % de pendiente, esta norma tiene que ver con la eficacia para dotar de servicios urbanos, fundamentalmente para aprovisionamiento de vialidades y también considerando la energía eléctrica y mecánica necesaria para elevar insumos urbanos y personas hasta las zonas más altas.

En el caso de Xochimilco es igualmente importante señalar la pertinencia de no sobre pasar la cota de altitud del proyecto denominado Acuaférico, obra de distribución de agua potable que considera el suministro eficaz a la población asentada por debajo la cota de 2,450 m.s.n.m.

Existe una evidente correlación entre las condicionantes topográficas y la construcción de las vialidades, siendo notable la influencia que la topografía ha ejercido durante el tiempo sobre las vías de comunicación, se puede inducir que en los periplos de mayor crecimiento urbano entre 1960 y 1970, las áreas urbanizadas se ubicaron en las zonas planas a lo largo de la vialidad predominantemente plana Xochimilco - Tláhuac.

Por lo contrario, es necesario señalar que las vialidades de mayor pendiente relativa, en particular la que se dirige a la delegación Milpa Alta construida en 1972, no ha resultado tan determinante para favorecer el crecimiento urbano como lo fue después de 1970 la vialidad Xochimilco- Tlahuac, es evidente que tal tendencia se deba a las diferentes pendientes de los terrenos servidos en uno y otro caso.

Pretendiendo en este capítulo, aislar el influjo que las vialidades ejercen en los cambios de uso de suelo, y tratando de atribuirlos únicamente a la topografía, se advierte la preferencia de los colonos por los terrenos de baja pendiente, sin embargo cabe señalar como durante los periodos de análisis iniciales (41-50, 51-70 y 71-

83), predomina la proporción de suelo urbanizado en baja pendiente, mientras que en el periplo (71-83), se observa como la tendencia a ocupar las áreas más planas disminuye notablemente, al grado que los terrenos urbanizados sobre pendientes entre 70 y el 80% ocupando 181.89 ha, para aquel periplo (70-80), esta proporción es mayor que la de los terrenos urbanizados de menor rango de pendiente que sumaron únicamente 138.93 ha.

Es igualmente notorio como de un total de 3,120 ha de suelo apto para desarrollo urbano con el que cuenta la delegación, ya se ha urbanizado el 73.59%, es probable que el resto de estas áreas se encuentre fuera de los rangos de servicio de las vialidades actuales.

En lo concerniente a la tendencia creciente de ocupación de los predios no urbanos con pendientes de mayor rango, se conoce que durante los tres últimos periplos el porcentaje de importancia de cada rango respecto al total, se incrementó de 20% a 30% de 1983 a 2005.

VI.5.2.- VIALIDADES

La influencia de las vialidades esta bien fundamentada en la observación práctica y en la teoría del crecimiento urbano referida en el Cap. II inciso; El concepto del crecimiento físico urbano, su evaluación se calculó sumando la extensión de cobertura natural modificada que puede atribuirse a la influencia que las vialidades han ejercido en el fenómeno durante cada uno de los periplos del marco temporal.

El procedimiento para la determinación del índice, considera inicialmente separa las vialidades interzonales de las secundarias, para después sumas las extensiones de crecimiento urbano según su distancia a la vialidad, estableciéndose aleatoriamente un rango inicial de 1000 m, con límites de clase de 10 bandas de 100 m cada una a lo largo de la vialidad, posteriormente se modificó el criterio determinando los anchos de banda de cada vialidad, considerando que el crecimiento se explique únicamente dentro los anchos de banda representativos del crecimiento generado por vialidades, la información referente al cálculo detallado de las áreas en bandas del influjo de crecimiento atribuido a las vialidades es encuentra en el Capítulo XI, Anexo Metodológico, pág. 71.

*"MODELO PREDICTIVO DEL CRECIMIENTO URBANO, CAMBIOS EN LOS USOS DEL SUELO Y EFECTOS A LA RECARGA NATURAL DEL ACUÍFERO",
Estudio de caso, Xochimilco D.F.*

Los valores de correlación (r) obtenidos mayores de 0.8 y con pendiente negativa de la ecuación de la recta resultante para la variable X , permiten deducir el decrecimiento de la densidad de urbanización a partir de los ejes de las vialidades hasta llegar a ser nulo.

Mediante la extensión Spatial Analyst del SIG, se superpusieron por un lado las bandas de distancia transversal a la vialidad en m , y por otro lado las áreas de crecimiento urbano, una vez conocidas las magnitudes de extensión en ha según su distancia, se calcularon los índices de correlación (r) para cada variable $X=Área$, así como $Y= distancia de la vialidad$. Se obtuvieron también los valores de cálculo de error estándar de ajuste (e), prueba de student (t) e índice de determinación (r^2). Esto se hizo para las vialidades inter-zonales y para los cinco periplos de estudio.

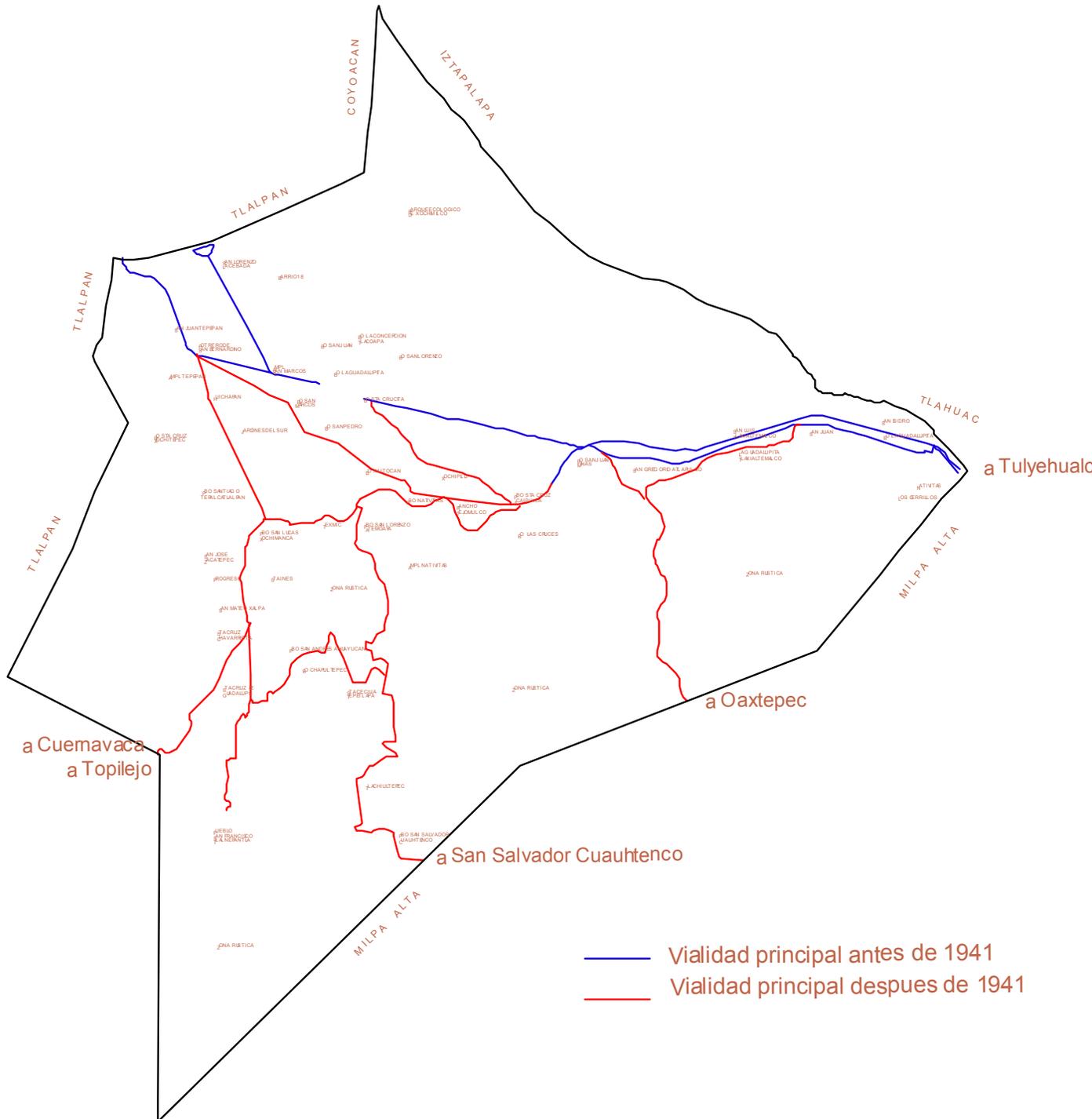
Mediante el análisis de regresión lineal simple se estimó el límite máximo de influencia de la vialidad, tal índice puede deducirse si se considera que los valores de las observaciones van descendiendo y que la recta de regresión lineal alcanza en algún punto el valor $Y=0$, este valor de la abscisa resultante es obtenida despejando el valor de X cuando para $Y=0$, el resultado determina el ancho de banda "buffer" que explica el crecimiento urbano debido a la influencia de las vialidades. Cabe señalar que para los periplos analizados no en todos los casos se obtuvieron valores de correlación significativa (r) mayores a 0.80, es decir, los resultados de las observaciones no lograron explicar la existencia de correlación.

En los periplos en que resultaron correlaciones (r) mayores de 0.80 con pendiente positiva, se considera que el crecimiento urbano aumenta a medida que se aleja de las vialidades debido a que la mayor proporción de crecimiento se llevó a cabo en periplos anteriores al analizado, como es el caso de crecimientos en proximidad a las vialidades inter zonales durante el periplo 70-83 en que se aprecia el más significativo volumen de crecimiento de todo el tiempo estudiado, pero que no se concentra cerca de los ejes, causando en consecuencia que para el periplo 83-96 los mayores volúmenes de crecimiento se observaron en las bandas más lejanas a 900 y 1000 m , ello puede interpretarse como crecimiento debido a que los espacios cercanos a las vialidades fueron ocupados en el periplo anterior o a que el crecimiento se debe a factores de contigüidad, en este caso la recta de la ecuación resultante fue positiva para la variable Y .

En el caso de la vialidad Xochimilco-Tulyehualco > 1980, resulta una ecuaciones con pendiente negativa de la recta y correlación significativa >0.80, sugiere que las

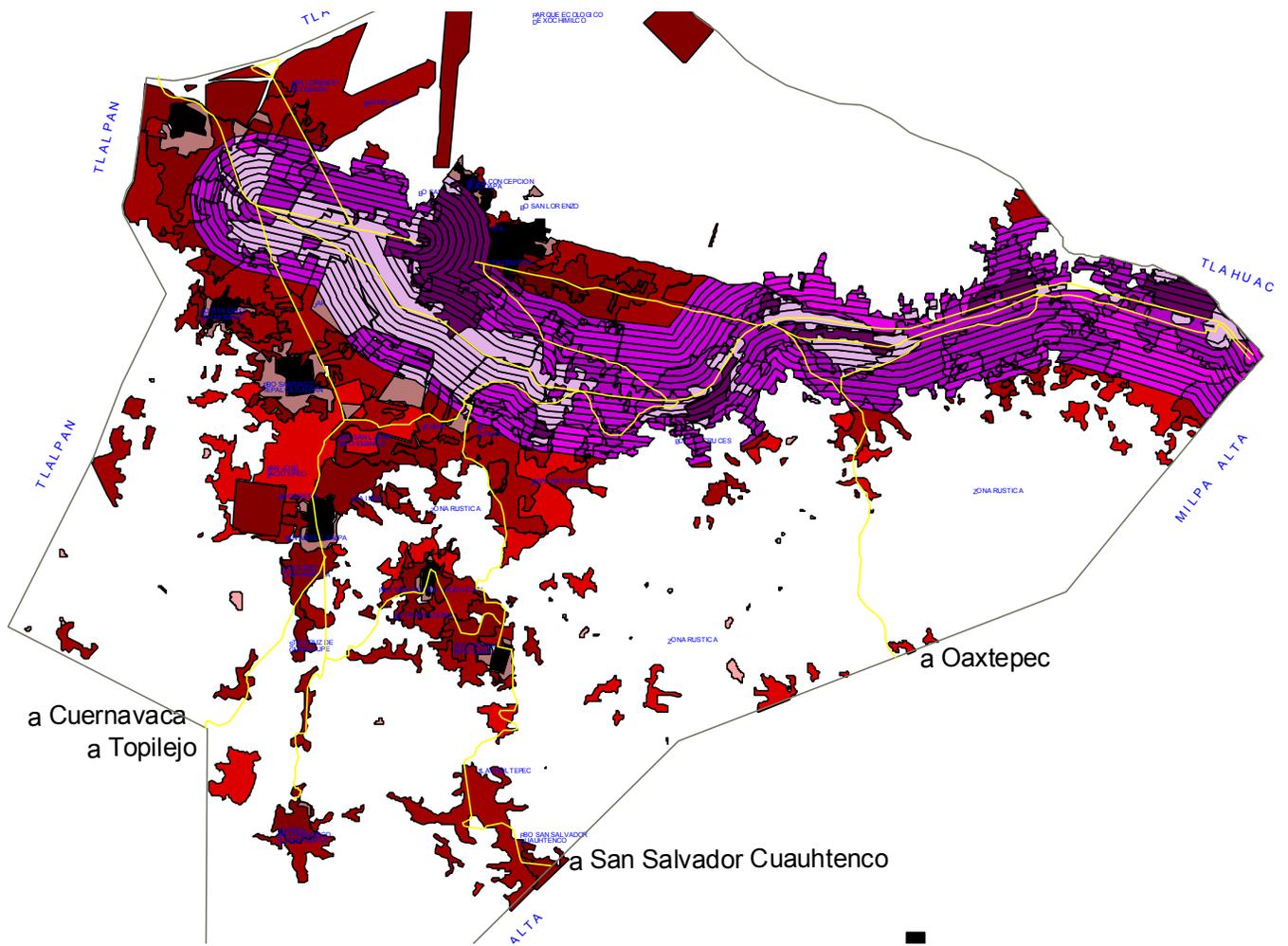
*"MODELO PREDICTIVO DEL CRECIMIENTO URBANO, CAMBIOS EN LOS USOS DEL SUELO Y EFECTOS A LA RECARGA NATURAL DEL ACUÍFERO",
Estudio de caso, Xochimilco D.F.*

áreas de crecimiento que van aumentando a medida que se alejan de las vialidades, sean estudiadas como áreas de crecimiento por contigüidad.



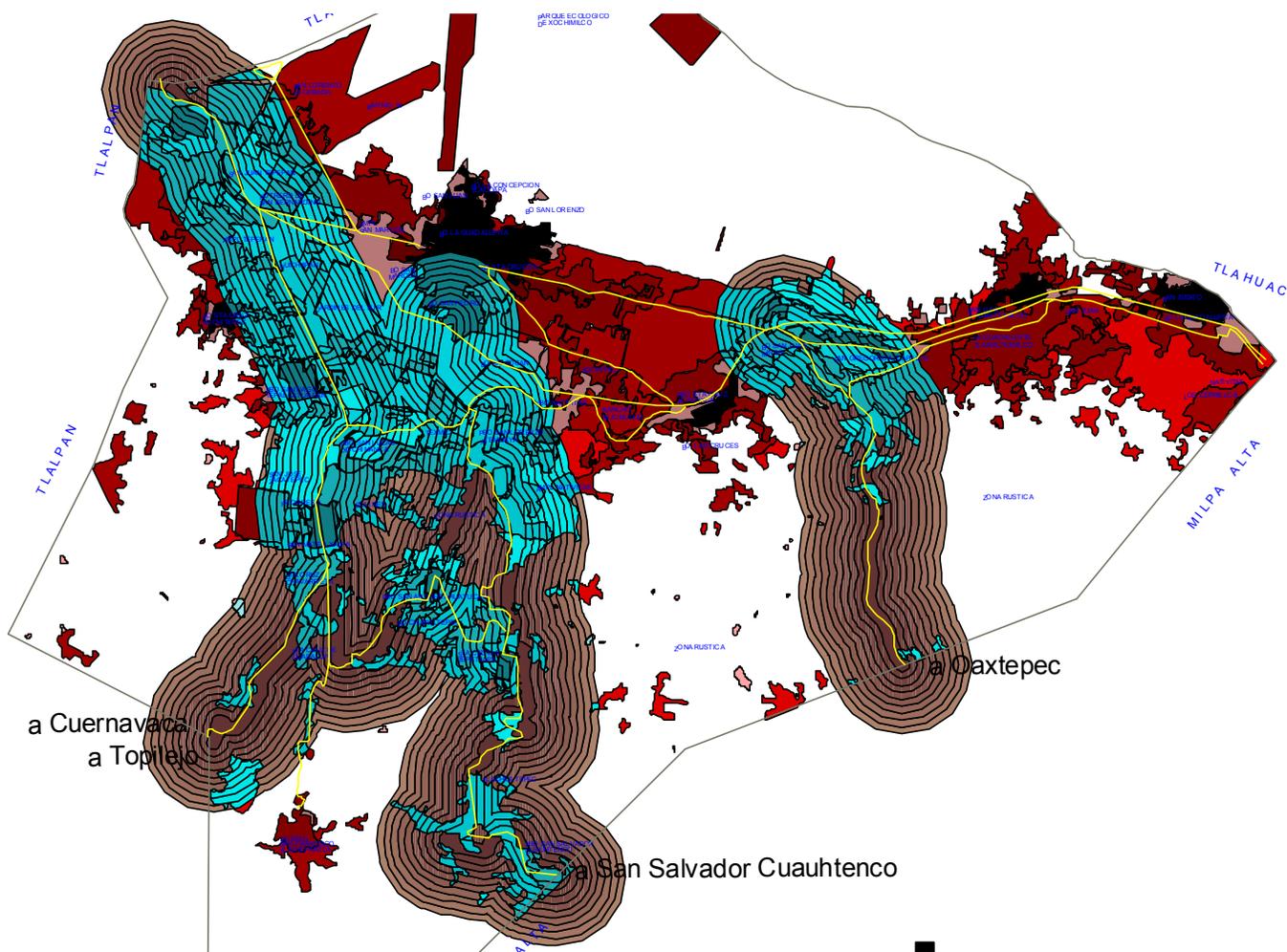
*"MODELO PREDICTIVO DEL CRECIMIENTO URBANO, CAMBIOS EN LOS USOS DEL SUELO Y EFECTOS A LA RECARGA NATURAL DEL ACUÍFERO",
Estudio de caso, Xochimilco D.F.*

Vialidades Inter zonas en Xochimilco D.F.



Rangos de proximidad de crecimiento urbano a vialidades antes de 1941.

*"MODELO PREDICTIVO DEL CRECIMIENTO URBANO, CAMBIOS EN LOS USOS DEL SUELO Y EFECTOS A LA RECARGA NATURAL DEL ACUÍFERO",
Estudio de caso, Xochimilco D.F.*



Rangos de proximidad de crecimiento urbano a las vialidades después de 1941.

*"MODELO PREDICTIVO DEL CRECIMIENTO URBANO, CAMBIOS EN LOS USOS DEL SUELO Y EFECTOS A LA RECARGA NATURAL DEL ACUÍFERO",
Estudio de caso, Xochimilco D.F.*

VIALIDADES

En el método seguido por el Dr. Allen para determinar las categorías de las vialidades que determinan el crecimiento urbano, únicamente las denomina "main roads", para el caso de Xochimilco, se consideró la misma clasificación empleada también por Sandra Rosenbloom y Alan Black (3), el criterio empleado toma las vialidades que comunican distritos, zonas inter o intra urbanas.

VI.5.3.- CONTIGÜIDAD

Esta variable se refiere al crecimiento urbano que se lleva a cabo como el desdoblamiento periférico hacia los bordes de la ciudad, sin embargo la expansión no se lleva a cabo en una franja con el mismo ancho en todos los puntos del perímetro del borde urbano.

La expansión por contigüidad es el resultado concreto de la diferente condición de propensión a la urbanización en diversos segmentos del perímetro urbano.

Es posible deducir las áreas que han crecido por contigüidad descontando las áreas restantes de los demás tipos de crecimiento (por ventaja topográfica, desarrollo lineal, por cúmulos o equipamiento), a manera de obtener el índice en forma más objetiva, se procedió a establecer las franjas de influencia según la proximidad al último borde de la mancha urbana.

Este tipo de crecimiento difiere del crecimiento por cúmulos en que este último se lleva a cabo de manera discontinua dejando espacios vacíos entre el borde y los desarrollos extra borde.

El crecimiento contiguo sugiere las ventajas comparativas de la eficacia económica para dotar de redes de infraestructura a los nuevos asentamientos.

Con objeto de lograr diferenciar adecuadamente, si una zona de crecimiento urbano se debe a crecimiento contiguo o cumular, es decir si su presencia se debe a la influencia de la mancha urbana o no, se siguió el criterio de considerar como crecimiento contiguo a todas las áreas adosadas a crecimientos previos mediante la observación de las imágenes de ArcView resultantes de la construcción del mosaico de Crecimiento Histórico Urbano hasta 2005, el cual se expone en la Pág.49.

El crecimiento contiguo a las zonas ya urbanizadas, tomo menor importancia en la calibración del modelo, como se puede constatar en el capítulo referente a la calibración, encontrando que la topografía y las vialidades resultan mas significativas en las preferencias de ubicación de los habitantes de nuevos asentamientos.

*"MODELO PREDICTIVO DEL CRECIMIENTO URBANO, CAMBIOS EN LOS USOS DEL SUELO Y EFECTOS A LA RECARGA NATURAL DEL ACUÍFERO",
Estudio de caso, Xochimilco D.F.*

Para determinar las áreas de influencia contigua de las zonas ya urbanizadas, se consideró el mayor rango de influencia observado (1.3 Km), se determinaron bandas de influencia paralelas al borde a cada 100 m de distancia y se calificaron de 1 a 10, para determinar cuales de las celdillas deben su crecimiento a su condición de contigüidad.

(3) The practice of local government planning, Transport planning Chapter, The Practice of Local Government Planning ICMA University, 2000.

CONTIGUIDAD

VI.5.4.- DENSIDAD DE POBLACIÓN

Esta variable puede confundirse con la de contigüidad, se re- tomó del modelo de crecimiento del Dr. Jeffery Allen, supone que los sitios que se encuentren con mayor proximidad a zonas ya urbanizadas donde reside un mayor volumen de población, deberán urbanizarse con mayor potencia que las zonas de escasa densidad.

Se ha encontrado un método de cálculo que surge del principio básico de difusión de densidad según la inversa del cuadrado de su distancia a un núcleo (Turner et al. 1995; Wang 1998).

Para la calificación de la densidad de población de cada celdilla fue necesario obtener las tasas de cambio de densidad con las que cambiaron durante 1990 y hasta 2005 con solamente tres observaciones obteniendo su valor de los censos de población y el conteo censales, de los datos se obtuvieron únicamente dos tasas de crecimiento con las cuales se proyectaron diez años hacia el pasado la tasas de densidad de las Áreas Geo Estadísticas Básicas de la delegación.

Este procedimiento implica el problema de la excesiva generalización de la información, resultando en niveles de agregación vagos, si se comparan con la especificidad que alcanzan algunas otras variables.

Las tasas de incremento de densidad permitieron determinar cuales son las celdillas que para el año 2005 pueden ser consideradas como motivo de atracción para los nuevos asentamientos.

Otra dificultad encontrada fue el hecho de que el Instituto Nacional de Geografía y Estadística (INEGI) cambió la extensión de algunas áreas geo-estadísticas básicas (AGEBS) que en el Censo de Población y Vivienda incluían 107 unidades, 119 para 2000 y 152 en el último conteo (2005).

*"MODELO PREDICTIVO DEL CRECIMIENTO URBANO, CAMBIOS EN LOS USOS DEL SUELO Y EFECTOS A LA RECARGA NATURAL DEL ACUÍFERO",
Estudio de caso, Xochimilco D.F.*

Para los casos en los que una AGEB se dividió en dos o más se sobre pusieron las cartas de las AGEBS al año 2000 con las del 2005 y se calculo el are en la que se había subdividido la AGEB original dividiendo la población anterior a 2005 entre el área de cada una de las AGEBS subdivididas.

Para calificar las celdillas en un rango de 1 a 10 se clasificaron las AGEBS de mayor a menor densidad y mediante el SIG se determinaron franjas de 100 m. paralelas a los bordes de la AGEB, ubicando las áreas de crecimiento en rango de distancia y multiplicándolo por la densidad de la AGEB.

DENSIDAD DE POBLACIÓN

VI.5.5.- CUMULOS:

Esta variable no se incluyó finalmente en el modelo debido a resultar emparentado con otras variables así como a la necesidad de utilizar un algoritmo de tipo autómatas celular según se explica en el apartado IV.3 Modelos de predicción del crecimiento urbano, sin embargo se describe el fenómeno debido a la importancia que adquieren los cúmulos una vez que se consolidan y dan origen a los cambios de uso del suelo hacia las otras variables; topografía, vialidades, contigüidad y densidad de población.

Los asentamientos por cúmulos o crecimiento de tipo 'salto de rana' (leap frog) no fueron considerados en el modelo del Dr. Jeffrey Allen, probablemente por que en aquel caso no existen, o no sean tan significativo, sin embargo, se aprecia claramente en la secuencia de imágenes aéreas, que los cúmulos en Xochimilco han resultado coincidentes con la generación de los núcleos extra ciudad. Estas pequeñas construcciones aprecian inicialmente dentro de una porción de parcela que ocasiona la agregación de otros pequeños cuerpos de construcción, a los que finalmente se van adosando construcciones de mayor extensión y densidad, según se aprecia en imágenes fotográficas posteriores.

Cabe señalar la diferencia de "potencia" de los pequeños cúmulos, es decir la capacidad de desarrollarse dependiendo de la velocidad y densidad que hacen que algunos cúmulos se desarrollen más rápidamente, mientras que otros pueden permanecer estables a través del tiempo.

Esta variable inicialmente se evaluó mediante la técnica de "La ruleta" propuesta por DeJong, y a sugerencia del Dr. Ramón Domínguez Mora, suponiendo que en el modelo no aparecerían cúmulos de manera espontánea, sin embargo en las primeras "corridas" del modelo determinista se observó que aparecieron cúmulos aislados de generación debido a la influencia de alguna de las variables del modelo, sin necesidad de utilizar el procedimiento de la "ruleta", sugiriendo que los nuevos crecimientos pueden estar correlacionados con alguna de las variables dentro del método determinista.

Es característico el hecho de que las porciones originarias no poseen por lo general de infraestructura ni equipamiento, el cual va implementándose a través del tiempo de manera más costosa, que si se efectuase su crecimiento de manera planificada.

Con objeto de identificar claramente cuales puntos de origen corresponden a crecimiento del tipo de cúmulo, de los que tienen origen debido a la fuerza de atracción por vialidades, se ha definido un procedimiento lógico matemático consistente primeramente en revisar que el núcleo de gestación esté fuera de las zonas de crecimiento continuo, ello se obtuvo mediante el cálculo de la media de las distancias entre entidades.

Existe un rango de vecindad en el que la distancia entre dos entidades pueda ocurrir únicamente por coincidencia, sin embargo tratando de encontrar entidades que se encuentran más cercanas a aquellas que pudiese considerarse que se ubican aleatoriamente, se puede decir, que lo que se busca es un rango de distancia o "umbral" de correlación significativa.

Es necesario determinar los límites de cada grupo cumular, para ello se ha estudiado la aplicación de los principios de relación de vecindad, se pretende calcular las distancias medias entre entidades agrupadas para comparar una distribución aleatoria con la observada, analizando las posibles tendencias de: dispersión, aleatoriedad o concentración (Philip Clark y Franz Evans 1950).

*"MODELO PREDICTIVO DEL CRECIMIENTO URBANO, CAMBIOS EN LOS USOS DEL SUELO Y EFECTOS A LA RECARGA NATURAL DEL ACUÍFERO";
Estudio de caso, Xochimilco D.F.*

CUMULOS

VII RESULTADOS

VII.1.-Cambios en los usos del suelo

*"MODELO PREDICTIVO DEL CRECIMIENTO URBANO, CAMBIOS EN LOS USOS DEL SUELO Y EFECTOS A LA RECARGA NATURAL DEL ACUÍFERO",
Estudio de caso, Xochimilco D.F.*

El procedimiento para cuantificar las superficies de cambio de uso del suelo, consistió inicialmente en efectuar la interpretación de las fotografías aéreas de la zona de estudio dentro del marco físico de cubrimiento, las fotos se digitalizaron y se formaron mosaicos urbanos para las observaciones en 1941, 1950, 1970 y 1996.

Estos mosaicos se semi rectificaron sobre una base digital de datos SCINSE editada por INEGI para la delegación, haciendo coincidir los rasgos de la traza urbana sobre las fotografías aéreas.

Una vez que se foto interpretó la información digitalizada se procedió a verificar en campo los atributos para finalmente obtener las áreas de los usos de suelo del Sistema de Información Geográfica, que se resumieron en cuatro grupos.

La información obtenida a partir de las fotos aéreas fue corroborada y complementada con los planos de uso del suelo esc. 1:30,000, de 1976 y 1982 editados por la Comisión Coordinadora Para el Desarrollo Rural del Gobierno del Distrito Federal (COCODER), corroborándola con las fotografías aéreas de 1941 y 1950 que no cubren la totalidad del área de estudio, se ajustaron las áreas en plano con la información del mapa de la Guía turística Goodrich Euzeadi denominada Caminos de México edición 1960, coincidiendo con las áreas de los censos para esos periodo histórico.

Las áreas computadas arrojaron las siguientes cifras de los valores de crecimiento físico urbano en la Delegación Xochimilco:

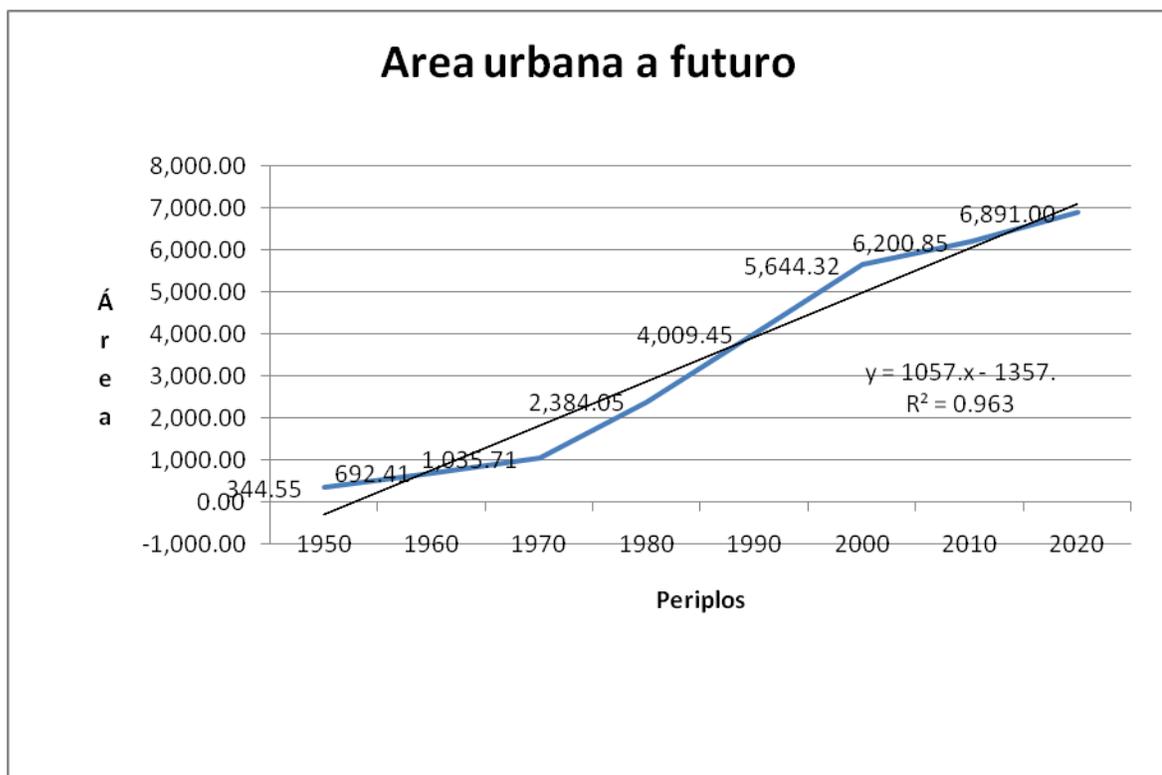
TASAS DE CRECIMIENTO DEL ÁREA URBANA (proyección a futuro)

Año	Población	Tasa	Área Urb.
1950	47,082	1.86	344.55
1960	70,381	2.33	692.41
1970	116,493	4.61	1,035.71
1980	217,151	10.07	2,384.05
1990	271,151	5.40	4,009.45
2000	369,787	9.86	5,644.32
2010	421,999	5.22	6,200.85
2020	473,750	4.82	6,891.00

Nota; el Área Urbanizada esta en Ha y la Densidad Urbana en h/Ha

Los resultados del manejo de la información arrojaron las cifras ya esperadas, en cuanto a las tendencias de crecimiento de uso urbano, encontramos que en las

fotografías aéreas de 1940 la extensión del poblado de Xochimilco (que aún no alcanzaba a conurbarse),



sumada con las áreas de las localidades rurales de la delegación alcanzaban solo 344.55 Ha de la superficie, la mayor parte del territorio de la delegación estaba aún ocupado por actividades agrícolas 76.6%, los valores para uso urbano señalan un incremento en extensión urbanizada a partir de 1968, cuando se construye el Anillo Periférico y las unidades habitacionales de apoyo al programa olímpico llegaron a 5.5% en 1971, se aprecia en la fotointerpretación que aún cuando no existía gran densidad de construcción, se observan rasgos de infraestructura urbana preparada para desarrollo, significando que las inversiones gubernamentales iban en ese momento y lugar, adelante de la demanda de suelo urbano mientras que por lo general el crecimiento físico de la periferia se lleva a cabo aun sin contar con la infraestructura urbana necesaria.

Para la etapa 1970 a 1990 se llevan a cabo fenómenos de conurbación en dos niveles, un primero en el cual se conurba Xochimilco con los fraccionamientos al sur de la delegación Coyoacán, y cuando el crecimiento llega a integrar a los poblados

que anteriormente existían separadamente entre Xochimilco y San Luis Tlaxitelmenco, convirtiéndolos en ese momento, en parte del "continuum" urbano de la Ciudad de México.

Es importante señalar la diferencia que existe entre los criterios de cuantificación de esta tesis contra los que aparecen en el Plan de Desarrollo Urbano de Xochimilco para 1998, en el cual los espacios de conservación ecológica suman 79.99% dejando 20.01% únicamente para zonas urbanizadas, contrariamente a los resultados de los procedimientos de esta tesis ya explicados, alcanzándose para el mismo año 2005 un extensión de 4,925.4 ha que significan casi el 40% de zonas urbanizadas, tal diferencia se debe a que el plan delegacional no considera como espacios construidos a las poblaciones rurales, ni a las áreas con asentamientos irregulares sobre suelo de conservación.

VII.2.- Estado inicial (1941), La célula central originada de la ciudad colonial, se formó con fines administrativos, el núcleo se conserva en la traza con elementos rectores como la plaza principal, el mercado y la iglesia, a partir de este núcleo se aprecia inicialmente un crecimiento radial concéntrico, en un esquema de cuadrilla romana, sin embargo se aprecian deformaciones a la traza rectangular en cuanto la topografía descende, pues se forma una interesante combinación de calles con canales de agua que penetran hacia la isla principal, es así mismo importante destacar como se prefigura este esquema de tipo concéntrico desarrollado hasta encontrarse con el agua provocando las penetraciones de canales de traza muy irregular que se hacen más profusos a medida que se acercan al núcleo y se van haciendo menos densos y de trazos más rectos en las zonas más alejadas del núcleo. En cuanto a la estructura vial es así mismo curioso observar como las principales vías de acceso fueron hasta principios del siglo XX los canales de agua que comunicaban exteriormente a Xochimilco, el de Cuemanco y Nacional hacia el Norte y el de Apatlaco y Nativitas hacia el Oriente para dirigirse hacia Tláhuac y Chalco.

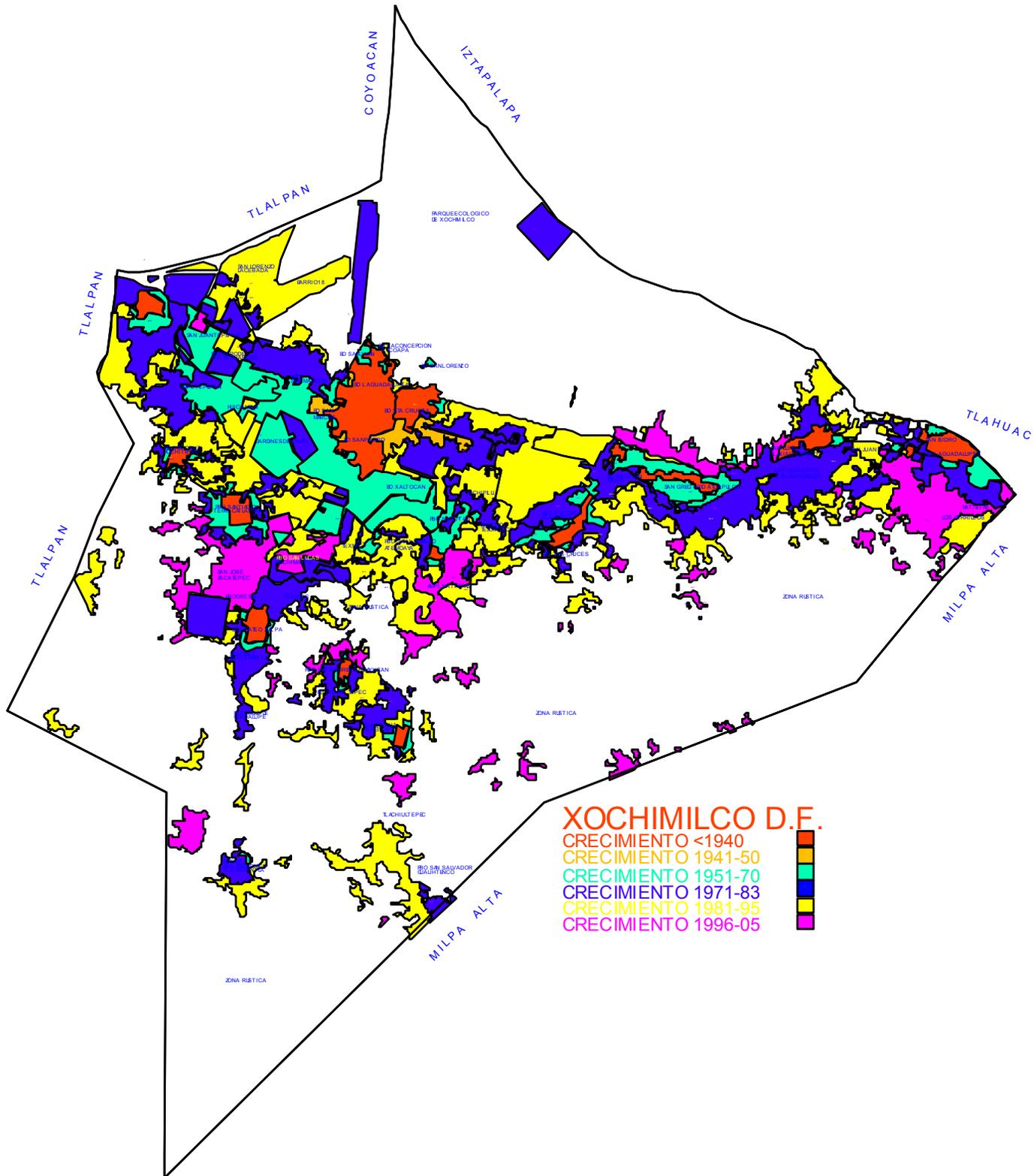
VII.3.-Conurbación (1968), ya para 1941 se aprecia la competencia entre los canales con la que entonces se llamaba Carretera México-Xochimilco y que ahora es la Av. Ignacio Ramírez. La principal conexión entre vías terrestres y lacustres se formaba en Nativitas un embarcadero cuya traza geométrica semicircular dio origen posteriormente a una plazoleta, hito dentro del paisaje local. En esta época se aprecia como el camino Xochimilco Tulyehualco dio origen a la formación lineal que ahora existe, corre a lo largo del pie de monte entre las zonas inundables y sigue aproximadamente la cota de 2,450 m.s.n.m. que es el nivel

aproximado hasta donde se ha extendido la mancha urbana, y es justamente la zona de servidumbre de las vialidades que se han ramificado desde este antiguo camino México-Tulyehualco. Habiendo conurbado como ya se ha expuesto mediante la integración de los núcleos que existían incipientemente en 1950 y que ahora se han consolidado aumentando su tamaño e incrementando su densidad.

VII.4.- Tendencias de crecimiento (2010), es probable que con la incorporación de redes de agua potable cerca de la cota 2450 m.s.n.m. (Acuaférico), la mancha urbana crezca aun más hacia los lomeríos, y este sea un umbral para el crecimiento hacia las zonas con mayor pendiente en las cuales hasta ahora, se aprecia que existe relativa impedancia, muestra de lo expuesto es el hecho de que la formación, hubiese seguido la dirección de esta vialidad con mayor velocidad, que la que ocasionó la otra carretera secundaria, existente en 1950, que comunica interurbanamente al poblado de Santa Cecilia y que ocasionó la posterior conurbación de los poblados servidos entre Xochimilco y Santa Cecilia, esta vialidad corre en sentido norte-sur, opuesto a la dirección predominante en la topografía de la formación. Todavía en 1950 Xochimilco era el poblado hegemónico, de crecimiento concéntrico radial irregular ligado a varios polos nucleicos como Tulyehualco y Santa Cecilia. Aprovechaba todavía la comunicación con la Ciudad de México por agua y tierra, siendo ello resultado de la gran atracción que siempre ha ocasionado la metrópoli sobre los poblados circundantes.

En la etapa siguiente, 1970, los polos nucleicos (San Luis, San Gregorio y Santa Cecilia), se conurban con el núcleo central (Xochimilco), formando dos sectores de crecimiento lineal uno hacia el oriente a través de la carretera hacia Tulyehualco y otro hacia el sur sobre la carretera hacia Santa Cecilia, a su vez el núcleo central Xochimilco pasa a ser al momento de conurbarse, polo nucleico de la Ciudad de México, dando continuidad al patrón de la estructura urbana actual.

*"MODELO PREDICTIVO DEL CRECIMIENTO URBANO, CAMBIOS EN LOS USOS DEL SUELO Y EFECTOS A LA RECARGA NATURAL DEL ACUÍFERO",
Estudio de caso, Xochimilco D.F.*



Crecimiento histórico urbano 1941 a 2005

VII.5.- Cambios debido a la presión demográfica.

Cabe señalar la manera en que el comportamiento demográfico repercute sobre las demandas, entre ellas el mismo crecimiento urbano, el cual debe en teoría responder a las necesidades de espacio de la población según las características de la misma. Con el fin de poder efectuar análisis comparativo de la variable población, es necesario considerar otros niveles de agregación de información, para ello debo recurrir a los datos de nivel Distrito Federal y aun a los del ámbito nacional.

Podemos suponer que el crecimiento urbano deberá disminuir su ritmo al momento de alcanzarse en el país un punto de inflexión en la tendencia de crecimiento demográfico, hecho que se calcula, se alcance hasta el año 2044, cuando la población ascienda a 132 millones en todo el país. Es notable el hecho de que de los años que median entre 1950 y 1975, los incrementos anuales pasaron de 700 mil a 1.7 millones, después como se ha observado, por otros 20 años, los aumentos anuales se mantuvieron en 1.7 millones. A partir de 1995 los aumentos absolutos anuales son y serán cada vez menores hasta que en el año 2044 serán nulos y después negativos (1).

Los datos del censo de 2000, en combinación con los del conteo de 1995, indican que la tasa de crecimiento de la población mexicana durante el periodo comprendido entre Noviembre de 1995 y Febrero de 2000 (que corresponde a las fechas de levantamiento de esas fuentes de información) ascendió a aproximadamente 1.53% anual, en promedio (2).

Es erróneo considerar aisladamente la proyección de la población de Xochimilco, como "fenómeno aislado", desestimando la enorme influencia que ejerce el resto de la ciudad y aun la región, por tal motivo, para evaluar la presión que ejerce la población de la región sobre el espacio local, es necesario considerar el criterio de análisis, suponiendo que cambios en los niveles superiores de análisis serán compartidos y transportados hacia el ámbito local.

En la esfera nacional, la tasa de crecimiento total y natural se mantuvo con tendencia ascendente hasta 1964, alcanzando una máxima de 3.5 la tasa de crecimiento natural, y 3.2 la tasa de crecimiento total, mientras que para el Distrito Federal la tasa de crecimiento media anual había logrado el punto de inflexión hacia el descenso durante el periodo 1930-1950 ubicándose por arriba de la media nacional, con valor de 4.5 para el periodo señalado y descendiendo significativamente a valores de 4.1, 0.9, y hasta 0.5 en intervalos de 20 años.

Para la Delegación Xochimilco, en los mismos intervalos a 20 años, la tasa de crecimiento poblacional se comportó elevándose notablemente de 2.6 (por debajo de la media

nacional de 3.2 para el mismo lapso) en el periodo 1930-50 a 4.6 en el periodo 1950-70, para modificar la tendencia hacia un ligero decremento con valores de 4.2 en el periodo 1979-90, y llegar a 3.7 en el periodo 1990-95, cifra muy superior todavía a la de la tasa media nacional total que se sitúa en 1.9 para el mismo periodo y que mantiene una mayor tendencia al descenso que la que se aprecia para el futuro en Xochimilco.

(1) Retos y Oportunidades Demográficas Del Futuro de la Población, México 2030, José Gómez de León Cruces, FCE, México, 2000.

(2) La Situación Demográfica en México, Consejo Nacional de Población, México, 2002.

El abrupto incremento en la tasa de crecimiento poblacional en Xochimilco, entre los años 30-50 de 2.6 a 4.6 entre los años 50-70, permite deducir por diferencia entre crecimiento natural contra crecimiento total, que se debió a población que migró hacia Xochimilco en el periodo que sin embargo, no coincide con el de mayor expansión del área urbanizada ya que este hecho se registró después de 1970 (para el periplo 50-70 fue de 37.62 ha./año, incrementándose de manera alarmante durante 70-90 a 330.08 ha./año).

Los resultados de los últimos censos y del censo de población 2005 permiten conocer que la delegación continua creciendo, la tasa de crecimiento poblacional descendió de 9.4 a 6.4 en los últimos dos periodos, 1990 a 2000 y de 2000 a 2005.

Con referencia a las densidades de población, se puede ver la tabla "Densidades de Población por AGEB" que se presenta en el Capítulo XI Anexo Metodológico, para el área geostadística básica AGEB 019, que se ubica en la interface, es decir en la zona de crecimiento la densidad mas significativa es la de la AGEB 117, con 9.5 hab/ha en 1990, 12.6 hab/ha para 2000 y 23.4 hab/ha para 2005, ubicada en San Luis Tlaxialcomulco en las faldas del volcán Teuhtli, su densidad se acerca a las de mayor concentración en la zona urbana ya consolidada, donde la máxima es de 33.8 hab/ha para el año 2005.

TASAS DE CRECIMIENTO DE POBLACION (Histórica)

*"MODELO PREDICTIVO DEL CRECIMIENTO URBANO, CAMBIOS EN LOS USOS DEL SUELO Y EFECTOS A LA RECARGA NATURAL DEL ACUÍFERO",
Estudio de caso, Xochimilco D.F.*

Año	Habitantes	Tasa de crecimiento de población.	Área Urbana	Densidad Urbana
1950	47,082.00	2.0	344.31	7.31
1960	70,381.00	2.33	517.41	7.35
1970	116,493.00	4.61	690.51	5.93
1980	217,151.00	10.07	1,813.21	8.35
1990	271,151.00	5.40	2,551.91	9.41

En referencia a las densidades de población, se advierte que existe una clara tendencia al incremento, pues en 1970 antes de evidenciar claramente los efectos de la conurbación, la tasa es de apenas 5.93 hab/ha evidenciando el carácter predominantemente rural del asentamiento original, durante los periplos subsecuentes es clara la tendencia hacia la densificación de la zonas urbanizadas, con la más reciente información de la muestra censal del 2005 y los datos obtenidos de la cuantificación de áreas basándose en las imágenes satelitales, se puede deducir que la tasa de densidad aumentó hasta alcanzar 12.18 hab/ha, cifra muy baja comparada con las de otras delegaciones de la Ciudad de México.

VIII DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.

VIII.1 El concepto específico del modelo para el estudio de caso.

Un modelo de índole determinista o "basado en la regla" fue desarrollado específicamente para Xochimilco con objeto de predecir el volumen de infiltración de agua de lluvia desviado de su curso natural debido al crecimiento urbano.

El modelo fue escogido por varias razones; la fundamental es que los otros tipos de modelo empíricos, como los de regresión dependen para su calibración de las bases históricas de información, pero para estos es difícil reflejar los cambios que las nuevas condiciones de la realidad pudiesen tener sobre las tendencias de crecimiento más recientes.

El modelo determinista tiene la flexibilidad suficiente como para incorporar los cambios de las tendencias recientes y mostrar su efecto en las predicciones a futuro. Por otro lado, los estudios previos (Landis and Zhang 1997, Allen et al. 2002) han demostrado que el grado de eficacia de los modelos predictivos es muy confiable,

desde al menos 30% y hasta el 90% para diferentes regiones geográficas, con diferentes usos del suelo (Lu 2001), y con números de eventos reducidos.

Si el modelo basado en la regla no genera un rango exitoso de eficacia en su salida o si su confiabilidad para predecir es dudosa, es conveniente tener otro modelo alternativo.

Si los modelos basados en la regla son construidos adecuadamente, permiten generar importante información para decidir las políticas de desarrollo urbano de las zonas, potencializando el crecimiento, adecuándose a la capacidad de soporte propia del sitio, y a las características específicas de las necesidades de los habitantes del lugar (Kaiser et Al. 1995).

El modelo de tipo jerárquico basado en la regla fue construido para derivar la posibilidad de cambio de uso del suelo para el desarrollo urbano, la regla para calificación emplea los valores de peso de cada una de las variables independientes, en rangos de uno a diez según su mayor potencial para provocar el cambio.

La propensión al cambio debido a las características de cada unidad de análisis, refleja la propensión a urbanizarse, las características físicas son las determinantes fundamentales para el cambio.

Se asume que las áreas urbanizadas permanecerán urbanizadas en un futuro, es decir el cambio desde lo no urbano es unidireccional e irreversible, aun cuando es común que existan cambios de uso del suelo al interior de las zonas ya urbanizadas. Los efectos colaterales de la infraestructura vial en Xochimilco, interactúan en función inversa de la distancia y ha causado crecimiento lineal sobre las principales vías de circulación.

VIII.2.- El procesamiento del modelo.

El procesamiento secuencial del modelo incluyó varias etapas. Inicialmente se siguió el ejemplo del modelo de probabilidad relativa de Pijanowsky (1997) siendo necesario clasificar las variables en una retícula (lattice) que comprende la extensión total de la zona de estudio, calificando de manera ordinal su propensión hacia el cambio o no de su actual uso del suelo.

Exceptuando a la variable topografía que permanece constante en el tiempo, se determinaron los rangos de influencia de cada variable mediante análisis de correlación lineal simple, asegurándose inicialmente que la ecuación resultante tenga pendiente negativa, es decir que se pierde la correlación a medida que la densidad del nuevo asentamiento disminuye a medida que se sitúa de manera alejada de la zona ya urbanizada: se evaluaron además del índice de correlación r ,

los índices de error estándar de ajuste e , el índice de determinación r^2 y la prueba t de Student.

Una vez conocidos los rangos máximos de influencia de las variables relativas a; vialidad, contigüidad y densidad de población, se procedió a dividir el rango máximo en una escala de 10 valores mediante la aplicación denominada "rangos" (amortiguamiento o buffer) del programa ArcView (1). A partir de los mapas de rango de influencia donde se califica la propensión de cada celdilla a cambiar su uso de suelo, se incorporó la información a una base de datos en formato de documento de texto.

La parrilla (lattice) conformada por celdillas, (R_{ij}) fue dividida entre el valor de calificación máximo, de manera que su rango caiga siempre entre 0 y 1.

Posteriormente, el factor de peso (W_{ij}) y el factor exponencial (k) son asignados para cada parrilla con objeto de calibrar de acuerdo a los ajustes de aproximación a la realidad.

El valor resultante es la suma de las evaluaciones de predisposición de cambio $(\sum W_{ij} R_{ij}^k)$, se calcula para cada unidad de terreno (i) y subsecuentemente es dividido entre el valor máximo posible $(\max(\sum W_{ij} R_{ij}^k))$ para encontrar un índice relativo de probabilidad de transición, este índice será evaluado contra un rango límite aleatorio a partir del cual se lleva a cabo o no el cambio del suelo de rural a urbano. El campo de la retícula (U_i) representa la exclusión de las áreas urbanizadas con anterioridad durante el proceso de urbanización.

Siguiendo el algoritmo, todas las celdillas binarias (E_{im}) que representan tierra no adecuada para el desarrollo urbano, debido a condicionantes físicas son consideradas en la retícula con el objetivo de desincorporar estos terrenos del desarrollo urbano, tal es el caso de las áreas inundables del vaso lacustre al noreste de la delegación.

De tal manera la probabilidad relativa de transición urbana $Prob(i)$ en términos de predisposición puede ser calculada en base a la siguiente fórmula para cada celdilla:

$$Prob(i) = \{(\sum W_{ij} R_{ij}^k) / (\max(\sum W_{ij} R_{ij}^k))\} \{ (1 - U_i) \} \Omega \{ (1 - E_{im}) \} + U_i$$

El resultado de índole binario, representa la propensión de las celdillas que para un rango determinado en la calibración cambian su uso de suelo y las que permanecen sin cambio.

La información de salida de los modelos en general, puede ser muy útil para la toma de decisiones de los agentes encargados de los análisis del crecimiento urbano.

Para el caso de Xochimilco, cabe señalar que el modelo se convierte predominantemente en una herramienta técnica para señalar los efectos que el crecimiento urbano impone sobre el ciclo natural del agua.

La calificación que cada celdilla de análisis recibe de acuerdo a su predisposición para cambiar su uso del suelo, se calculó dependiendo de la calificación de cada una de las cuatro variables; rangos de pendiente topográfica, proximidad a vialidades inter regionales, Contigüidad e Influencia de densidades de población. Para cada una de estas cuatro variables se efectuaron análisis para determinar las distancias de influencia para los periplos que van desde 1970 a 2005.

Aun cuando las determinantes de la regularidad jurídica y de valor del suelo influyen de manera segura en las decisiones de los nuevos habitantes de Xochimilco, no fueron consideradas debido a la complejidad de la orientación de los mercados y a la ineficacia de las regulaciones de uso del suelo, es evidente como las tasas de crecimiento físico

urbano mantienen una relación estrecha con los periodos de estabilidad y desarrollo ~~de la economía regional (crecimiento demográfico, empleo y construcción).~~

(1) Designing Geodatabases, Case Studies in GIS Data Modeling, Arctur Davis, Zeiler Michael, ESRI, New York 2004.

VIII.3.- Determinación del índice de crecimiento urbano.

Para la correcta operación del modelo, fue necesario calcular la extensión de áreas urbanas dentro de los rangos de tiempo con los que el modelo de cómputo debe funcionar. El uso de diversos escenarios de crecimiento físico nos permite simular los estadios en diferentes momentos en el tiempo aún cuando la información no permita la identificación de su ubicación en el espacio sino después de la calibración.

En el estudio se consideró una extensión de crecimiento físico igual a la que se ha calculado para el año 2020 de 6,915.16 Ha por el método de calculo expuesto a continuación.

Se ha considerado la fecha 2020 tomando en cuenta la precisión predictiva del modelo ya que como se ha señalado en el Capítulo VI Formulación del modelo del modelo de proyección para Xochimilco (Pág. 27), se sabe que los modelos pierden en nivel de certidumbre a medida que pretender predecir con rangos de tiempo más lejanos.

Considerando el criterio de "shift and share" para el cálculo del área de crecimiento incorporando a la variable demográfica en el análisis de la tendencia se siguió el procedimiento de calcular la extensión incorporando la influencia del incremento demográfico en la delegación.

*"MODELO PREDICTIVO DEL CRECIMIENTO URBANO, CAMBIOS EN LOS USOS DEL SUELO Y EFECTOS A LA RECARGA NATURAL DEL ACUÍFERO";
Estudio de caso, Xochimilco D.F.*

El cálculo para determinar el tamaño del cuerpo urbano en una fecha determinada mantiene el siguiente criterio de proporción de crecimiento;
La proporción de crecimiento se definió como la proporción de área de crecimiento en relación al incremento de población urbana medida en su porcentaje, puede ser calculada a partir de la siguiente expresión algebraica;

$$r = \{(A_1 - A_0) / A_0\} / \{(P_1 - P_0) / P_0\}$$

Donde r es la proporción de crecimiento; P₀ es la observación de la población en el año de inicio; P₁ es la población en el año de terminación del evento; A₀ es el estado inicial de área urbana; A₁ es la extensión final de superficie urbanizada;

$$A_1 = r A_0 [(P_1 - P_0) / P_0 + A_0]$$

En la expresión A₁ es la extensión final de crecimiento urbano; P₀ es la observación de la población en el año de inicio; es de r es la proporción de crecimiento; P₁ es la población en el año de terminación del evento; A₀ es el estado inicial de área urbana; A₁ es la extensión final de superficie urbanizada.

Una vez proyectada la población esperada para el año 2020 esta será de 436, 003 hab, resultando los siguientes valores;

Proyección del crecimiento físico

A05= 4,925 ha

A20= 6,891 ha

P05= 396,852 Hab

P20= 436,003 Hab

r= 5.18

A20= r * A05 / P05 + A05

A20= 5.18 * 4,925.00 / 396,852.00 + 4,925

25,511.5 * 31,545.00 / 396,852.00 + 4,925

A20= 25,517 / 404,458.00 + 4,925.00

A20= 1,966.16 + 4,925.00

A20= 6,891.00 ha

Mediante el procedimiento expuesto se puede inferir que el área ocupada por el crecimiento para el año 2020 alcanzará 6,891 ha.

VIII.4.- Determinación de los índices de Infiltración.

El área de la delegación es de 12,510 ha, la precipitación media anual es de .765 m, se calcula que el precipitado es de 957,015 m³/año, equivalentes a 30.35 m³/seg, si se considera que:

$$I = p - (e + Et + Es + c)$$

Donde la Infiltración (I) es igual a la precipitación (p), menos la suma de las variables; la evaporación (e), mas la evapotranspiración (Et), mas el escurrimiento (Es), mas los cambios de humedad en el suelo.

Es común que en los resultados de análisis del balance hidráulico de cuencas en latitudes cercanas a los trópicos en altitudes no mayores a 3000 m, se observen porcentajes sumamente elevados de perdidas por evaporación, para las condiciones particulares de Xochimilco, autores como Lesser, Jones en 1961 han considerado que hasta un 80% de evaporación del recurso precipitado se pierde en el aire.

Con objeto de lograr explicar mejor el fenómeno, conviene señalar, que para evaluar el porcentaje de perdida existen diferentes criterios según el tipo de reservorio de agua, el más simple, consiste en sumar las perdidas de agua al aire debidas a intercambios de humedad del suelo al aire utilizando únicamente al calor sensible (temperatura) como la variable independiente, (2).

Para corroborar la magnitud de perdida por evaporación para el caso de Xochimilco, se ha recurrido inicialmente a la carta Evaporación, INEGI escala 1:1,000,000, donde se aprecia para la zona, existe un déficit de 100 a 200 mm de evapotranspiración media real anual, asignando un valor de 72.8% de evaporación para la Cuenca del Valle de México.

El escurrimiento superficial, se modifica significativamente con el cambio paulatino de las superficies de uso de suelo agrícola a las de suelo urbano, no hace falta explicar como el pavimento permeable obstruye la infiltración ocasionando un aumento en los volúmenes captados, que van hacia canalizaciones urbanas, por otro lado el incremento de calor sensible de los materiales de las áreas construidas ocasionan el aumento de la evapotranspiración (4).

(2)Estimations in natural groundwater, Simmers Ian. NATO, Bruselas, 1987.

(3)Modeling and Prediction of Future Urban Growth in the Charleston Region of South Carolina: a GIS - based Integrated Approach. Allen Jeffery and Lu Kang, Conservation Ecology 8(2); 2.

(4) Manual sobre la evaluación operativa de la evaporación real, Secretaria de la Organización Meteorológica Mundial, Ginebra, 1975.

VIII.5.- Determinación de los índices de Escurrimiento superficial.

*"MODELO PREDICTIVO DEL CRECIMIENTO URBANO, CAMBIOS EN LOS USOS DEL SUELO Y EFECTOS A LA RECARGA NATURAL DEL ACUÍFERO",
Estudio de caso, Xochimilco D.F.*

Una vez que se conocen los índices de evaporación e infiltración es posible cuantificar los volúmenes de agua que llegarán a las canalizaciones a través de las alcantarillas y los colectores subterráneos que en el caso de Xochimilco se integran a la red de drenaje urbano, para efectos de cálculo se ha considerado despreciable el volumen de aguas servidas provenientes de los servicios en los edificios para los cuales se han considerado por norma velocidades relativamente bajas de 60 cm/seg.

Al estar conectados los drenajes de las áreas privadas a los colectores de la delegación existe un grave peligro en caso de insuficiencia de la capacidad de los conductos, el agua escurre a velocidades y presiones que exceden las condiciones de diseño, sobrepasando el volumen a tubo pleno, provocando presiones positivas en las redes de alcantarillado llegando al caso de fluir en contra pendiente al interior de los inmuebles, provocando graves inconvenientes a la salud y a los bienes de los habitantes.

Un problema de las redes de conducción de Xochimilco es el cambio de velocidad debido a la diferencia de la pendiente de los ramales que van desde las zonas de lomeríos en los cuales las pendientes llegan a ser mayores del 4 % y que al llegar a las áreas planas después de la cota 2,230 M.S.N.M. modifican su pendiente y velocidad provocando la saturación de algunos ramales durante los eventos de precipitaciones máximas horarias.

Cabe señalar que una parte del agua de escurrimiento superficial proviene de la red de canalización en las áreas públicas y otra parte de los ramales de áreas privadas de Xochimilco donde predominan, no excluyendo otros, los usos de vivienda unifamiliar y en menor proporción los de viviendas plurifamiliar, comercio y mixtos.

Para la lluvia que deja de infiltrarse debido a los cambios de la cobertura del terreno, se considera que una parte irá a las canalizaciones una vez que la superficie de suelo impermeable se ha mojado, posteriormente irá llenando las depresiones de la superficie impermeables para canalizarse en su inicio de manera superficial, perdiéndose una parte por evaporación, llegando a las atarjeas y finalmente a los conductos.

El tirante y la velocidad varían en forma continua y son gobernadas por las ecuaciones de continuidad y cantidad de movimiento este proceso se alimenta por la lluvia efectiva.

Los coeficientes de escurrimiento superficial dependen de;

- La proporción de áreas públicas y privadas.

*"MODELO PREDICTIVO DEL CRECIMIENTO URBANO, CAMBIOS EN LOS USOS DEL SUELO Y EFECTOS A LA RECARGA NATURAL DEL ACUÍFERO",
Estudio de caso, Xochimilco D.F.*

- Las densidades de construcción que a su vez depende de los procesos de densificación de construcción.
- Las proporciones de diferentes usos del suelo.

Los coeficientes de escurrimiento que se utilizan para la estimación del gasto en alcantarillado durante eventos de precipitación máxima horaria para diferentes usos del suelo que coinciden con las características de Xochimilco son los siguientes;

Coefficientes de escurrimiento superficial para gasto de alcantarillado

	<i>Mínima</i>	<i>Máxima</i>
<i>Áreas de uso privado;</i>		
<i>Zona comercial</i>	<i>0.75</i>	<i>0.95</i>
<i>Zonas residenciales unifamiliares</i>	<i>0.30</i>	<i>0.50</i>
<i>Multifamiliares compactos</i>	<i>0.60</i>	<i>0.75</i>
<i>Multifamiliares espaciados</i>	<i>0.40</i>	<i>0.60</i>
<i>Semi-urbanas</i>	<i>0.25</i>	<i>0.40</i>
<i>Cementerios</i>	<i>0.10</i>	<i>0.25</i>
<i>Áreas de uso público;</i>		
<i>Vialidades asfaltadas</i>	<i>0.70</i>	<i>0.95</i>
<i>Vialidades de concreto hidráulico</i>	<i>0.80</i>	<i>0.95</i>
<i>Vialidades de terracería</i>	<i>0.25</i>	<i>0.60</i>
<i>Parques Públicos</i>	<i>0.10</i>	<i>0.25 (5)</i>

Estos valores se exponen únicamente a fin de presentar información de criterio, las áreas con mayor densidad de construcción impiden en mayor grado la infiltración provocando por ende un incremento en el volumen de escurrimiento.

Con objeto de facilitar el cálculo de los coeficientes de escurrimiento que se utilizan en el Capítulo IX.7.1 Efectos en la red de alcantarillado y colectores subterráneos, se aplican las estimaciones del Dr. Ramón Domínguez Mora, que a su vez consideran los criterios técnicos del Road Research Laboratory (RRL) de Inglaterra.

El método propone calcular los coeficientes multiplicando inicialmente por 0.7 las áreas impermeables conectadas directamente a la red de drenaje, posteriormente, se estima el porcentaje de área impermeable en las manzanas con urbanización más densa, considerando que el área impermeable es del orden del 80%, mientras que se observaron valores de 40% para áreas urbanas menos densas como es el caso de las zonas de reciente urbanización en Xochimilco.

De acuerdo con el método del RRL se multiplica el valor de la proporción de manzanas con alta densidad de construcción (0.3) por el factor 0.7 y por 0.8 que corresponde al porcentaje de área impermeable al interior de la manzana.

*"MODELO PREDICTIVO DEL CRECIMIENTO URBANO, CAMBIOS EN LOS USOS DEL SUELO Y EFECTOS A LA RECARGA NATURAL DEL ACUÍFERO",
Estudio de caso, Xochimilco D.F.*

De tales consideraciones resulta un coeficiente de escurrimiento de 0.168, si se toma en cuenta que las áreas de reciente crecimiento urbano deben de incrementar su densidad a futuro se aplica un incremento del 20% resultando el índice de escurrimiento superficial de 0.20. (6).

Este índice se utiliza en el capítulo IX.7 Efectos en la Práctica (pág. 66), para calcular la necesidad de llevar a cabo las adecuaciones pertinentes a la red de drenaje delegacional.

(5) Sistema intermunicipal para los Servicios de Agua Potable y Alcantarillado (SIAPA), Secretaría de Desarrollo Urbano (SEDEUR), Dirección General de Obras Públicas (DGOP) del Estado de Jalisco, 2005.

(6) Estimación de los coeficientes de Escurrimiento, Inédito, Domínguez Mora Ramón, México 2011.

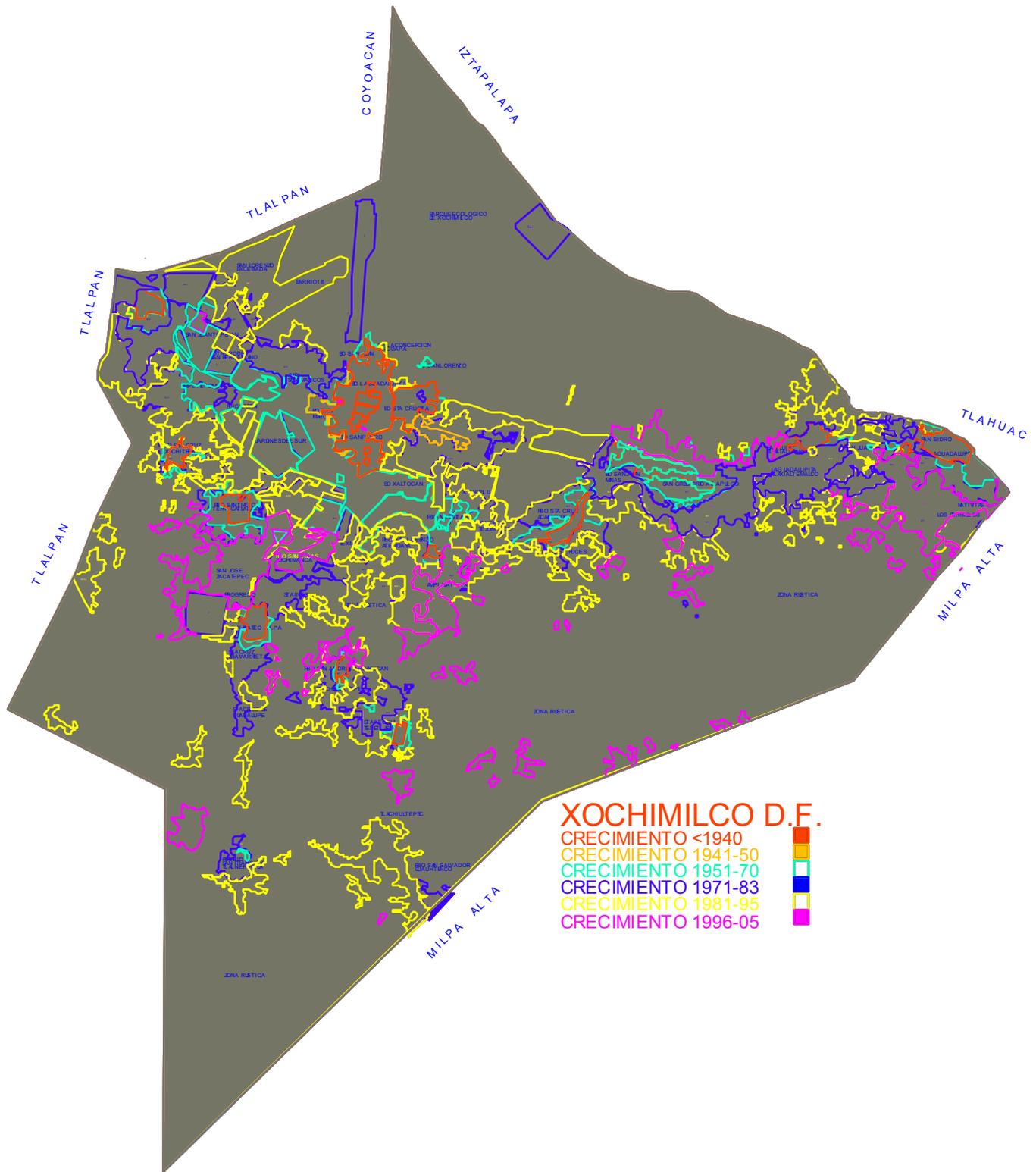
Crecimiento virtual 1996

*"MODELO PREDICTIVO DEL CRECIMIENTO URBANO, CAMBIOS EN LOS USOS DEL SUELO Y EFECTOS A
LA RECARGA NATURAL DEL ACUÍFERO",
Estudio de caso, Xochimilco D.F.*

Crecimiento virtual 2005

*"MODELO PREDICTIVO DEL CRECIMIENTO URBANO, CAMBIOS EN LOS USOS DEL SUELO Y EFECTOS A
LA RECARGA NATURAL DEL ACUÍFERO",
Estudio de caso, Xochimilco D.F.*

*"MODELO PREDICTIVO DEL CRECIMIENTO URBANO, CAMBIOS EN LOS USOS DEL SUELO Y EFECTOS A LA RECARGA NATURAL DEL ACUÍFERO",
Estudio de caso, Xochimilco D.F.*



*"MODELO PREDICTIVO DEL CRECIMIENTO URBANO, CAMBIOS EN LOS USOS DEL SUELO Y EFECTOS A
LA RECARGA NATURAL DEL ACUÍFERO",
Estudio de caso, Xochimilco D.F.*

Crecimiento histórico real contra virtual al 2005

IX CONCLUSIONES

IX.1 Evaluación de los Resultados.

La evaluación de los resultados de esta tesis esta expuestos en los apartados referentes a; la eficacia, la bondad de ajuste, la significatividad de las variables del modelo y su prueba contra la información histórica: El modelo fue probado inicialmente con datos 1980 a 1990 con objeto de corroborar su eficacia contra los datos de la realidad para 2005.

Una vez calibrado el modelo con la información histórica, se corrió nuevamente calibrando la extensión del área urbana para ajustadas hasta alcanzar a la extensión que se espera en realidad para el año 2020.

Por otra parte, en este capítulo se comentan los resultados referentes específicamente a los volúmenes en decremento de la recarga del acuífero.

IX.1.- La eficacia del modelo

Los resultados de la prueba de eficacia de ajuste, sugieren que el modelo es estadísticamente confiable para predecir la probabilidad de transición urbana en la delegación Xochimilco:

La prueba de la eficacia predictiva del modelo se llevó a cabo corriendo la base de datos hasta el año 1990 para observar los resultados en 2005 y comparar el modelo contra la evolución histórica, alcanzando 79.72 % de eficacia, para la zona suburbanas al sur de la delegación alcanzo un rango de certeza menor 86% y suficientemente eficaz para las zonas urbanas mas consolidadas al norte de la delegación (66%).

Los resultados del modelo subestimaron la magnitud de cambio hacia lo urbano, ello resulta comprensible ya que el área de estudio ocupa todavía una extensión significativa de espacios no urbanos, aun cuando para efectos de cuantificación se excluyeron las áreas inundables y las que se ubican al norte del anillo Periférico por lo que la extensión considerada fue únicamente de 11,092 ha y no de los 13,462 ha de la Delegación.

Utilizando el mismo criterio de evaluación empleado por Allen en su modelo de crecimiento, podemos clasificar los errores en los de;

- a) Omisión, es decir las celdillas que a pesar de haber cambiado su uso del suelo no fueron señaladas por el modelo.

Y por otra parte los errores que Allen denomina de;

*"MODELO PREDICTIVO DEL CRECIMIENTO URBANO, CAMBIOS EN LOS USOS DEL SUELO Y EFECTOS A LA RECARGA NATURAL DEL ACUÍFERO",
Estudio de caso, Xochimilco D.F.*

- b) *Comisión, entendiéndose por ello los errores debidos a que el modelo señaló inapropiadamente celdillas de crecimiento urbano que en la realidad no cambiaron de uso.*

Los desaciertos significan;

Errores por omisión:	952 celdillas.
Errores por comisión:	1,298 celdillas.
Errores totales;	2,250 celdillas.

Para 11,092 ha significan 20.28 % de error o bien 79.72% de certeza.

AREAS DE OBISION Y COMISION

IX.2.- Bondad de ajuste

La bondad de ajuste de un modelo estadístico describe que tan bien se ajusta un grupo de observaciones, la medición de la bondad de ajuste suma la discrepancia entre los valores observados y los valores esperados bajo el modelo en cuestión. Estas mediciones pueden ser utilizadas estadísticamente para las pruebas de hipótesis, en este caso se utiliza con objeto de comprobar si los datos reales siguen una distribución específica.

La función estadística chi - cuadrada es la suma de las diferencias entre las observaciones y las frecuencias de los valores esperados (1).

$$X^2 = \sum \frac{(O-E)^2}{E}$$

Donde; O es la frecuencia observada y E es la frecuencia de los valores teóricos esperados.

Substituyendo los valores resultantes de la salida del modelo en 2005 resulta:

$$X^2 = \frac{(11,092-8,842)^2}{8,842}$$

$$X^2 = \frac{(2,250)^2}{8.842}$$

$$X=186.4$$

Se puede deducir que existe una discrepancia significativa entre la muestra observada y la proyectada debido a que el valor X no se acerca a cero.

IX.3.- Significatividad de las variables.

Durante el proceso de calibración de las variables, se encontró que la mejor aproximación de la forma del modelo comparada contra la forma urbana real, se lograron al ponderar a las determinantes de la siguiente manera;

Topográfica	3.8
Vialidades	2.2
Contigüidad	2
Densidades de población	1

Los valores de calibración informados se pueden corroborarse al "correr" el programa de cómputo que aparece en los anexos de la tesis, el programa asigna las letras; Q para Topografía, R para Vialidades, S para la Contigüidad, z para densidades de población y la r para señalar las áreas urbanizadas antes de 1940.

La variable de proximidad a zonas de densidad de población, que aparecía como un indicador interesante para valorar correlaciones con el crecimiento urbano, no obtuvo resultados de alta correlación, la variable de contigüidad demuestra en los últimos decenios no ser tal determinante como la topografía en segundo lugar, resulta que para el área de estudio es la topografía la que a través de los cinco periplos demuestra que han sido la variable determinantes para el crecimiento urbano.

(1) Lectures in Matematical Statistics, Yuntchkov Yuri, Moscu, 1999.

Aun cuando la decisión de los futuros colonos depende de factores múltiples, se puede decir que la calibración del modelo, explica la jerarquía de preferencia, debido a que las áreas con menor pendiente van decreciendo, la topografía seguramente perderá importancia en el futuro para ceder paso a la determinante de la proximidad a las vialidades.

La variable relativa a las vialidades, al parecer tuvo gran importancia durante el periodo 1941 a 1970, ya que como se advierte en los mapas de vialidades, la arteria principal de Xochimilco a Tulyehualco, influyó notablemente en la forma urbana, expandiendo la mancha de crecimiento hacia el oriente de la célula central. Mas tarde después de 1970, y probablemente debido a la distancia de recorrido desde el casco histórico hasta los lugares mas apartados en el recorrido a tulyehualco, se modifica la tendencia de crecimiento tomando importancia el crecimiento desde el casco urbano hacia el sur por las vialidades que se dirigen hacia San Miguel Topilejo, a San Francisco Tlalnepantla y a San Bartolomé Xicomulco.

La relativamente reciente vialidad que se dirige hacia San Pedro Actópan, no muestra en las bases de datos ningún reforzamiento por Topografía o cualquiera de las otras dos variables (contigüidad o densidad) como para influir significativamente en el mapa resultante.

Esta última tendencia, a crecer hacia el sur de la delegación, sin importar la topografía tan determinadamente y aprovechando las vialidades ya existentes, puede ser más grave para evitar la pérdida de infiltración de agua de lluvia, debido a que en estas áreas es mayor la precipitación y por ende el índice de recarga que aumenta a medida que se acerca a la cúspide del Volcán Tetzalcoatl.

IX.4.- Discusión de los resultados

En referencia a los resultados, que son el objetivo final del estudio, particularmente el cálculo del volumen de precipitado desviado de su infiltración, se encontró que la diferencia entre el acumulado no desviado desde 2005 hasta 2020, perdiéndose 415,575 mm/ha/año, tal magnitud equivale a 0.1317 m³/seg/año.

A fin de tener una idea de la eficacia del modelo, se puede considerar que los volúmenes de infiltración desviada de su curso es poco significativa con relación al total del volumen de infiltración en la zona de estudio, tan escaso volumen se debe seguramente a que la infiltración va desde 200 hasta 550 mm, utilizando la información aportada por Lesser (1998) el escurrimiento horizontal y vertical en el subsuelo debe ser de 4.52 m³/seg de los cuales la mayor aportación proviene de las zonas altas de la sierra del Chichinautzin, el crecimiento urbano acontece todavía lejos de las áreas que tienen los índices de mayor precipitación.

El volumen anterior nos permite tener una idea comparativa del caudal real de infiltración si se considera la cifra máxima de decremento calculado por el modelo, es decir en el caso de que se cubriese totalmente la delegación, el volumen resultante sería de únicamente 1.59 M³/seg, sin embargo es probable que otras fuentes informen de caudales mayores en cuyo caso los resultados podrían ser más preocupantes. Para tal magnitud, el volumen de decremento resulta del 8.2 %, considerando únicamente el decremento para el periplo 2005 al 2020.

Es pertinente creer que una parte significativa de los volúmenes de explotación del acuífero cerca de la zona lacustre provengan de las zonas más altas de la sierra del Chichinautzin, fuera de la zona de estudio, ya que estas formaciones basálticas tienen transmisividades muy altas <Kh de 725,328 m (2).

(2) Herrera et. Al. Revista geofísica Internacional, Instituto de Geología, UNAM, Vol. 28 núm. 2 1989.

IX.5.- Hallazgos

En concordancia con los objetivos de la tesis, y una vez analizados los resultados se pueden resumir los siguientes hallazgos:

- Debido a los cambios en el uso del suelo, en el periplo de tiempo entre 2005 y 2020, se dejarán de infiltrarse al subsuelo:
 - 4,155,720 m³/año, equivalentes a,
 - 11,385.5 m³/día, equivalentes a;
 - 0.1317 m³/seg.
- El crecimiento físico urbano en 2020, alcanzará una extensión de 6,527 ha, significando 52.1% del área total de la delegación.

IX.6.- Tendencias de la dinámica.

Seguramente la tasa de crecimiento urbano de 61 ha/año continuará siendo altas para el futuro de Xochimilco, sin embargo las oportunidades de crecimiento, según la teoría (aplicando el factor multiplicador de crecimiento), irán encontrando cada vez obstáculos mas graves, entre otros los ya señalado, por un lado, la probable acción del gobierno local para controlar a los asentamientos irregulares y por otro la cada vez menor disponibilidad de suelo sobre pendientes bajas.

Otra variable independiente en juego es la posible incorporación de nuevas vialidades, o de mejoramiento de las ya existentes, por otra parte una variable que no se incorporó a la metodología de este trabajo, pero que puede modificar a futuro los actuales patrones es la ampliación de la red hidráulica hacia cotas más elevadas, al respecto existe ya el proyecto del Acuaférico, obra para la que sería necesario realizar algún estudio de impacto antes de su construcción.

Es lógico pensar que en su zona lacustre Xochimilco seguirá teniendo una relevancia como productor de flores y hortalizas de cultivo intensivo y altamente tecnificado con relativamente alta renta del suelo. Habiendo perdido definitivamente e irreversiblemente su relevancia histórica como productor de alimentos para la ciudad.

Por lo contrario es lógico pensar que la competencia común de la urbanización y de la agricultura obliga a que los suelos mas planos sigan cediendo paso a los cambios de uso del suelo urbanos.

IX.7.- Efectos en la práctica.

Es de esperar que de no modificar el actual patrón de crecimiento urbano cada vez más vaya disminuyendo el volumen de recarga de los mantos freáticos, se puede

calcular que de 2005 a 2020 el decremento acumulado alcanzará 415.57 m³/ año, (1,448,986 mm/ha menos 1,033,414 mm/ha) esto significa un decremento de 0.135 m³/seg/año. Sería interesante estudiar la manera en que de la tendencia a depender de las fuentes de aprovisionamiento pueda incidir en la economía de las cuencas ubicadas fuera del Valle de México, en particular sobre la productividad agrícola.

Conviene señalar que de manera relativa, el decremento en el periplo de tiempo 2005 a 2015, significa el 6.6 % del total de la recarga.

Tal valor no resulta significativo si se compara con el volumen de consumo de la Ciudad de México, sin embargo cabe reconocer que el crecimiento urbano acumulado de 1996 alcanzó a disminuir 455,952 mm/ha/año que significan a su vez otros 0.14 m³/seg/año.

La extensión urbano se ha llevado a cabo históricamente en las zonas donde los coeficientes de recarga no son altos comparados con los de las áreas de mayor altitud, arriba de la cota de 2500 m.s.n.m. sin embargo, a medida que el cambio de la cobertura del suelo se efectúe en las zonas más altas, el volumen de decremento aumentará de manera correlativa.

IX.7.1 Efectos en la red de alcantarillado y colectores subterráneos.

Del volumen de lluvia precipitado, el 72.8% se evapora según se expone en el apartado VIII.4 concerniente a la Determinación del Índice de Infiltración para la Cuenca del Valle de México.

De tal volumen de precipitado se calcularon los índices de infiltración detallados para cada uno de áreas de isoinfiltración, y a partir de ellos se obtuvo el índice de escurrimiento superficial.

A medida que los cambios en los usos del suelo provocan el crecimiento urbano, se modifican los volúmenes de agua de lluvia que deben ser canalizados hacia el noroeste de la delegación, los caudales que dejan de infiltrarse van a sobre cargar algunas de las redes de la delegación, en este capítulo de la tesis únicamente se evalúan los efectos dentro de la zona de estudio pero es conveniente señalar que el crecimiento en la zona sur de la cuenca agrega cada vez más presión a las redes que recorren zonas de gran riesgo de inundación dentro de la delegación, por suerte la mayor parte de estos volúmenes se quedan en los vasos reguladores del sistema.

El método racional de cálculo incluye la obtención del caudal pico de avenidas;

$$Q_p = 0.278 C i A$$

Donde;

Q_p = Caudal pico, m^3/s

C = Coeficiente de escurrimiento (ver VIII.5 Determinación del índice de escurrimiento 0.20).

I = intensidad media de la lluvia para una duración igual al tiempo de concentración de la cuenca, mm/h

A = Área de la cuenca, Km

0.278 Factor de conservación de unidades

El método se basa en considerar que sobre el área estudiada se tiene una lluvia uniforme durante un cierto tiempo, de manera que el escurrimiento de la cuenca se establezca y se tenga un caudal constante en la descarga. Este método permite calcular el caudal máximo provocado por una tormenta, considerando que esto se alcanza cuando la intensidad de la lluvia es aproximadamente constante durante una cierta duración, que se considera que es igual al tiempo de concentración en la cuenca.

Substituyendo los valores de las constantes y variables de la ecuación anterior resulta;

$$Q_p = 0.278 \times .20 \times 83.3 \text{ mm} \times 69.1 \text{ ha} \quad (3)$$

C = Coeficiente de escurrimiento = 0.20

I = intensidad media de la lluvia para una duración igual al tiempo de concentración de la cuenca = 83.3 mm/h

A = Área de crecimiento urbano entre 2005 y 2010 = 0.69 Km^2

0.278 Factor de conservación de unidades

Resultando;

Q_p = Caudal pico = .069 m^3/s

Los criterios de cálculo de la red son los siguientes;

Calculo del tiempo de concentración por el método de Kirpich.

Calculo de la velocidad;

V = Velocidad media de traslado (m/s)

n = coeficientes de rugosidad de Manning (Adimensional)

Radio hidráulico (m)

S = Pendiente hidráulica del tramo (adimensional)

$$V=1/n (R^{2/3} S^{1/2})$$

Donde,

V = velocidad media de traslado (m/s)

n = coeficiente de rugosidad de Manning (adimensional)

R = Radio hidráulico (m)

S = Pendiente hidráulica del tramo (adimensional)

$$V= 1/.02 (0.75 \times .5) = 1.33 \text{ m/s}$$

$$V= 50 (0.375) = 3.75 \text{ m/s}$$

De acuerdo a los criterios de cálculo la velocidad es demasiado rápida por lo que sería conveniente incrementar el número de ramales.

(3) Sistema intermunicipal para los Servicios de Agua Potable y Alcantarillado (SIAPA), Secretaría de Desarrollo Urbano (SEDEUR), Dirección General de Obras Públicas (DGOP) del Estado de Jalisco, 2005.

IX.8.- Explicación del fenómeno

Se advierte una contradicción entre los intereses de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, con los de los habitantes locales, por mantener los primeros, las zonas de recarga de acuíferos, esenciales para evitar los graves conflictos que en ese tema se adivinan para la operación futura de la urbe.

La contradicción entre los intereses de los propietarios del suelo de conservación con la normatividad del programa delegacional, genera núcleos construidos espontáneamente de forma en la que su irregularidad se traduce en espacios

marginados de los beneficios de la economía, carentes de orden y aún de seguridad jurídica.

La necesidad creciente y acumulada de suelo urbano ha modificado de manera acelerada los usos del suelo de la delegación cubriendo en 2005 el 39.4 % del área, ocasionando menor infiltración de la lluvia que se recarga al manto, se deduce que la paulatina obstrucción influye negativamente en el balance del acuífero la disminuyendo 0.13 m³/seg/año.

IX.9 .- Conclusiones

En la tesis se desarrollo un modelo espacial temporal con salida de tipo binario que simula inicialmente el crecimiento urbano para conocer posteriormente los volúmenes de precipitación que dejan de infiltrarse en el subsuelo debido consecuentemente a los cambios de permeabilidad del suelo.

El estudio integra variables espaciales incluyendo;

- a) La topografía del terreno.
- b) Las vialidades incorporando las líneas de transporte.
- c) El crecimiento por contigüidad con zonas urbanas precedentes.
- d) La proximidad a concentraciones de población medidas según su densidad.

La información utilizada por el modelo se tomó en las primeras observaciones de fotografías aéreas y mas recientemente de imágenes satelitales, los registros históricos de crecimiento urbano son bastante extensos en tiempo inician en 1941, los datos más recientes fueron obtenidos a partir de imágenes de sensores remotos en 2005.

El adecuado balance de la jerarquía de cada una de las variables y su ajuste en extensión al año 2020 permiten predecir la magnitud del caudal de precipitado pluvial, que en vez de infiltrarse, se canaliza hacia las redes de drenaje.

El estudio permite demostrar que el modelo predictivo es adecuadamente sensible cuando los rangos de calibración se acercan a simular la realidad.

El nivel de agregación en la salida del modelo está referido a celdillas de una hectárea de extensión que en total conforman 12,517 ha.

Son cuestionables, la suficiencia de la gama de variables, los parámetros de calificación y los procedimientos de calificación que utiliza el modelo, sin embargo dadas las limitaciones de tiempo y recursos fue necesaria su simplificación hasta lo posible, sin desmerecer la eficacia.

El estudio demuestra que utilizando esta metodología técnica específica, se logra predecir los efectos de la urbanización sobre las áreas de recarga de acuíferos.

IX.10.- Conclusiones finales.

El desarrollo urbano, es considerado en los países desarrollados como un elemento importante parte de la economía urbana, su crecimiento obviamente depende de la disponibilidad continua e incrementable de una variedad múltiple de recursos.

Si uno solo de los insumos urbanos; mano de obra, capital, tierra, tecnología, materiales o energía, fallase, entonces el proceso total de crecimiento en sí mismo, se desaceleraría o se detendría, es factible que la irrupción del problema del agua en la economía regional, ocasione un proceso de decremento de las inversiones, con el consiguiente impacto social negativo, ello habría de entenderse en sentido de decrecimiento exponencial, el círculo vicioso inverso, en deterioro de las potencialidades de la Ciudad de México debido a la escasez de agua, puede ser considerado como altamente preocupante.

En un país como el nuestro, las deseconomías causadas por el crecimiento urbano inadecuado provocan graves trastornos a las actividades de la población.

Xochimilco ha disminuido su importancia como zona de aprovisionamiento de agua para la urbe, sin embargo sería necesario ordenar el crecimiento urbano con objeto de aminorar la tendencia irracional de dependencia hidráulica a escala regional.

X LIMITACIONES DEL ESTUDIO.

X.1.- Aplicación de un índice urbano de permeabilidad.

Los resultados obtenidos en la salida del modelo de cómputo muestran un volumen de precipitación que deja de infiltrarse al subsuelo, sin embargo, seguramente tal volumen debería de ser precisado con mayor detalle, ya que aun cuando se lleve a cabo el cambio de uso del suelo hacia lo urbano, este último tiene diferentes grados de obstrucción de la infiltración, por ejemplo, una zona de reciente urbanización tendrá un mayor volumen de infiltración en la superficie del suelo que una zona más antigua y seguramente más densamente construida.

Aun cuando las disposiciones del reglamento de construcción determinan un mínimo de superficie de terreno que debe dejarse libre, tal determinación no puede considerarse como un indicador de proporción de área libre permeable, los propietarios comúnmente inician un pie de casa con una superficie construida mínima a la cual se van sumando otras áreas hasta conformar una construcción que tampoco crece hasta saturar totalmente a la superficie del terreno, de cualquier

manera los coeficientes de ocupación del suelo señalados en el Programa de Desarrollo Delegacional, no se cumplen estrictamente en la práctica.

Con objeto de conocer a mayor detalle los volúmenes de lluvia canalizada hacia escurrimientos superficiales y para simplificar la magnitud de la tarea de análisis se propone considerar una muestra representativa del universo, calculando su tamaño en 900 polígonos distribuidos al azar por el procedimiento de números aleatorios. Para la zona urbanizada se ha calculado una muestra en (497 polígonos), los rectángulos se puede extraer del universo de la retícula del lattice (13,619 polígonos), la muestra estratificada permitirá derivar a partir de la escala de planos catastrales la información:

- Área privada:
 - Número de viviendas.
 - Área construida y área libre.
 - Porcentaje de cubrimiento de la red de drenaje.
- Área pública:
 - Área pública pavimentada y libre en vialidades y banquetas.
 - Porcentaje de cubrimiento de la red de drenaje.

X.2.- Aplicación de un coeficiente de permeabilidad por tipo de uso del suelo.

Aun cuando los coeficientes de ocupación del suelo determinados por el Programa de Desarrollo Delegacional tienen variaciones dependiendo del tipo de uso del suelo permitido, las áreas construidas que se observan presentan gran diversidad de rangos de saturación de la cobertura natural del suelo dependiendo de los usos de suelo permitidos y de los espontáneos.

X.3.- Propuestas.

Atendiendo a la preocupación de que la mancha urbana crezca rápidamente hacia el sur de la delegación, creo prudente señalar que el modelo irá perdiendo eficacia mientras las áreas de topografía menos pronunciadas vayan siendo cada vez más escasas, por lo que es razonable pensar que la variable topografía irá perdiendo importancia a medida que crezca la mancha urbana sobre las áreas que todavía son relativamente planas, las vialidades irán tomando cada vez mayor importancia. Considero interesante profundizar en el estudio de los efectos de las redes viales, tomando en cuenta que ese estudio debiera aplicar no solamente el crecimiento a ambos lados de la vía, sino considerando también la atracción de los núcleos urbanos en la red, es decir que los asentamientos se generan con mayor densidad y extensión sobre los extremos de las vialidades donde existe mayor intensidad de actividad.

Para el caso de Xochimilco se puede decir que a partir de su conurbación crecieron con mayor ímpetu las zonas de comunicación vial con la Delegación Coyoacán y el resto de la Ciudad de México, que las zonas atendidas por las vialidades que se comunican con la Delegación Tlahuac.

Es decir que en teoría deberán crecer con mayor estímulo las áreas próximas a las vialidades que comunican a Xochimilco con el resto de la ciudad que las de servicio local, este patrón de crecimiento libera la presión para urbanizar la zona norte por lo que las superficies de mayor recarga pueden mantener su función, sin embargo sería alarmante la construcción de nuevas vialidades en la zona de recarga intensa en las cotas topográficas altas.

X I.- ANEXO METODOLÓGICO

Programa de cómputo;

```
// Este programa lee un archivo en forma secuencial y muestra su contenido en un
// área de texto, con base en el tipo de cuenta que el usuario solicita
import java.io.*;
import java.awt.*;
import java.util.*;
import java.lang.*;
import java.awt.event.*;
import java.text.DecimalFormat;
import javax.swing.*;

//import urban.RegistroDatos;

public class ConsultaUsoSuelo1 extends JFrame {
    private JTextArea areaMostrarRegistros;
    private JButton botonAbrir, botonUsoSuelo;
    private JPanel panelBotones;

    private DataInputStream entrada;
    private FileInputStream entradaArchivo;
    private File nombreArchivo;
    private String tipoCuenta;
    String d1,d2,d3,d4,d5;
    int        conta=0;

    static private DecimalFormat dosDigitos = new DecimalFormat( "0.00" );

    // configurar GUI
    public ConsultaUsoSuelo1()
    {
```

*"MODELO PREDICTIVO DEL CRECIMIENTO URBANO, CAMBIOS EN LOS USOS DEL SUELO Y EFECTOS A
LA RECARGA NATURAL DEL ACUÍFERO",
Estudio de caso, Xochimilco D.F.*

```
super("Programa Uso de Suelo");

Container contenedor = getContentPane();

panelBotones = new JPanel(); // configurar panel para agregarle botones

// crear y configurar botón para abrir el archivos
botonAbrir = new JButton( "Abrir archivo" );
panelBotones.add( botonAbrir );

// registrar componente de escucha de botonAbrir
botonAbrir.addActionListener(

    // clase interna anónima para manejar evento de botonAbrir
    new ActionListener() {

        // abrir archivo para procesarlo
        public void actionPerformed((ActionEvent evento) )
        {
            abrirArchivo();
        }

    } // fin de la clase interna anónima

); // fin de la llamada a addActionListener

// crear y configurar botón para obtener cuentas con saldos con débito
botonUsoSuelo = new JButton( "Uso de suelo" );
panelBotones.add( botonUsoSuelo );
botonUsoSuelo.addActionListener( new ManejadorBotones() );

// establecer área para mostrar resultados
areaMostrarRegistros = new JTextArea();
JScrollPane desplazador = new JScrollPane( areaMostrarRegistros );

// adjuntar componentes al panel de contenido
contenedor.add( desplazador, BorderLayout.CENTER );
contenedor.add( panelBotones, BorderLayout.SOUTH );

botonUsoSuelo.setEnabled( false ); // deshabilitar botonUsoSuelo

// registrar componente de escucha de ventana
addWindowListener(

    // clase interna anónima para evento windowClosing
    new WindowAdapter() {

        // cerrar archivo y terminar el programa
        public void windowClosing( WindowEvent evento )
        {
            cerrarArchivo();
            System.exit( 0 );
        }

    }

);
```

```
    } // fin de la clase interna anónima

); // fin de la llamada a addWindowListener

pack(); // empaquetar componentes y mostrar ventana
setSize( 1000, 600 );
setVisible( true );

} // fin del constructor de ConsultaUsoSuelo

// permitir al usuario seleccionar el archivo a abrir
private void abrirArchivo()
{
    // mostrar cuadro de diálogo, para que el usuario pueda seleccionar el archivo
    JFileChooser selectorArchivo = new JFileChooser();
    selectorArchivo.setFileSelectionMode( JFileChooser.FILES_ONLY );

    int resultado = selectorArchivo.showOpenDialog( this );

    // si el usuario hizo clic en el botón Cancelar del cuadro de diálogo, regresar
    if ( resultado == JFileChooser.CANCEL_OPTION )
        return;

    nombreArchivo = selectorArchivo.getSelectedFile(); // obtener archivo seleccionado

    // mostrar error si el nombre de archivo es incorrecto
    if ( nombreArchivo == null || nombreArchivo.getName().equals( "" ) )
        JOptionPane.showMessageDialog( this, "Nombre de archivo incorrecto",
            "Nombre de archivo incorrecto", JOptionPane.ERROR_MESSAGE );

    // abrir el archivo
    try {

        // cerrar archivo de la operación anterior
        if ( entrada != null )
            entrada.close();

        entradaArchivo = new FileInputStream( nombreArchivo );
        entrada = new DataInputStream( entradaArchivo );
        botonAbrir.setEnabled( false );
        botonUsoSuelo.setEnabled( true );
    }

    // atrapar problemas que pueden ocurrir al manipular el archivo
    catch ( IOException excepcionES ) {
        JOptionPane.showMessageDialog( this, "El archivo no existe",
            "Nombre de archivo incorrecto", JOptionPane.ERROR_MESSAGE );
    }

} // fin del método abrirArchivo

// cerrar archivo antes de que termine la aplicación
```

```
private void cerrarArchivo()
{
    // cerrar el archivo
    try {
        if ( entrada != null )
            entrada.close();
    }

    // procesar excepciones que puedan ocurrir al cerrar el archivo
    catch ( IOException excepcionES ) {
        JOptionPane.showMessageDialog( this, "Error al cerrar el archivo",
            "Error", JOptionPane.ERROR_MESSAGE );

        System.exit( 1 );
    }
} // fin del método cerrarArchivo

// leer registros del archivo y mostrar sólo los registros del tipo apropiado
private void leerRegistros()
{
    //RegistroDatos registro;
    StringTokenizer token;
    String linea;

    // leer registros
    try {

        if ( entrada != null )
            entrada.close();

        //entradaArchivo = new FileInputStream( nombreArchivo );
        //entrada = new DataInputStream( entradaArchivo );
        BufferedReader inFile = new BufferedReader (new FileReader (nombreArchivo));
        areaMostrarRegistros.setText( "El uso de suelo es:\n" );
        // recibir como entrada los valores del archivo
        while (inFile.ready())
            {
                String textLine = inFile.readLine();
                token = new StringTokenizer(textLine);
                switch (token.countTokens())
                {
                    case (5):
                        conta++;
                        //Comenzar un nuevo objeto vector
                        d1 = token.nextToken();
                        int D1 = Integer.parseInt(d1);
                        d2 = token.nextToken();
                        int D2 = Integer.parseInt(d2);
                        d3 = token.nextToken();
                        int D3 = Integer.parseInt(d3);
                        d4 = token.nextToken();
                        int D4 = Integer.parseInt(d4);
```

*"MODELO PREDICTIVO DEL CRECIMIENTO URBANO, CAMBIOS EN LOS USOS DEL SUELO Y EFECTOS A LA RECARGA NATURAL DEL ACUÍFERO",
Estudio de caso, Xochimilco D.F.*

```

d5 = token.nextToken();
    int D5 = Integer.parseInt(d5);
    // si es el tipo de cuenta apropiado,

mostrar el registro

debeMostrarse(D1,D2,D3,D4,D5);

String mostrar =

//if ( debeMostrarse( D1 ) )
areaMostrarRegistros.append(mostrar +

");

if(conta >= 170)

    conta = 0;

    }

    areaMostrarRegistros.append("\n");
}
} // fin del bloque try

// cerrar archivo cuando se llega al fin de archivo
catch ( EOFException excepcionEOF ) {
    cerrarArchivo();
}

// mostrar error si no se puede leer el objeto por no encontrar la clase
//catch ( ClassNotFoundException claseNoEncontrada ) {
// JOptionPane.showMessageDialog( this, "No se pudo crear el objeto",
// "Clase no encontrada", JOptionPane.ERROR_MESSAGE );
//}

// mostrar error si no se puede leer debido a un problema con el archivo
catch ( IOException excepcionES ) {
    JOptionPane.showMessageDialog( this, "Error al leer del archivo",
    "Error", JOptionPane.ERROR_MESSAGE );
}

} // fin del método leerRegistros

// calculo del uso del terreno
private String debeMostrarse( int valor1, int valor2, int valor3, int valor4, int valor5 )
{
    String valor=" ";
    double resultado;
    int x,y; //w = probabilidad de cambio de uso del suelo
    int A,B,C,D,E,Q,R,S,Y; // coeficientes de prevalencia
    int i,j,k,l,m; // valores maximos posibles
    int q,r,s,z,v; // `g` excluye lo urbanizado, `r` tierra excluida (agua,pantano y peligroso) z
calibrador
    A=1;B=1;C=1;D=1;E=1;Y=5; //A...E coeficientes de importancia,Y = rango mínimo
    i=1;j=1;k=1;l=1;m=1; //valores maximos posibles
    Q=4;R=2;S=2;z=1;v=1; // calibración de 1 a 10
    int T=999; //Umbral para áreas ya urbanizadas
    int L=60; //sensibilidad

```

*"MODELO PREDICTIVO DEL CRECIMIENTO URBANO, CAMBIOS EN LOS USOS DEL SUELO Y EFECTOS A LA RECARGA NATURAL DEL ACUÍFERO",
Estudio de caso, Xochimilco D.F.*

```

int numVariables = 3000; //número de iteraciones

resultado =
((A*Q)/A*valor1)+((B*R)/B*valor2)+((C*S)/C*valor3)+((D*z)/D*valor4)+((E*v)/E*valor5); //Celdillas//
double w=(resultado*1);
if (w>=T)
{
    valor = "*";
}
if (w<T)
if (w>=L)
{
    valor = "_";
}
if (w<L)
if (w>Y)
{
    valor = " ";
}
if (w<=Y)
{
    valor = " ";
}
return valor;
}

// use el tipo del registro para determinar si el registro debe mostrarse
private boolean debeMostrarse( int valor )
{
    if ( valor > 0 )
        return true;

    return false;
}

public static void main( String args[] )
{
    new ConsultaUsoSuelo();
}

// clase para el manejo de eventos de botonUsoSuelo
private class ManejadorBotones implements ActionListener {

    // leer registros del archivo
    public void actionPerformed((ActionEvent evento )
    {
        tipoCuenta = evento.getActionCommand();
        leerRegistros();
    }

} // fin de la clase ManejadorBotones

} // fin de la clase ConsultaUsoSuelo

```

*"MODELO PREDICTIVO DEL CRECIMIENTO URBANO, CAMBIOS EN LOS USOS DEL SUELO Y EFECTOS A LA RECARGA NATURAL DEL ACUÍFERO";
Estudio de caso, Xochimilco D.F.*

CALCULOS DE REFERENCIA EN EL TEXTO;

CALCULO DEL RANGO DE INFLUENCIA DE LA VIALIDAD XOCHIMILCO - TULYEHUALCO

Per.	1	2	3	4	5	6	8	9	10	sumas
X	100	200	300	400	500	600	800	900	1,000	5,500
Y	13,110	9,604	9,195	8,811	9,039	8,134	6,348	5,202	4,723	81,709
X ²	10,000	40,000	90,000	160,000	250,000	360,000	640,000	810,000	1,000,000	3,850,000
X*Y	1,310,980	1,920,840	2,758,350	3,524,360	4,519,650	4,880,190	5,078,288	4,682,106	4,723,280	38,678,291

$$a = \frac{10 \cdot 38,678,291 + 5,500.00 \cdot 81,709}{10 \cdot 3,850,000 + 30250000} = \frac{386782910 + 449399720}{38500000 + 30250000}$$

$$a = \frac{-62616810}{8250000} = -7.59$$

$$b = \frac{3850000 \cdot 81,709 + 5,500.00 \cdot 38,678,291}{10 \cdot 3,850,000 + 30250000}$$

$$b = \frac{1.02E+11}{8250000} = 12,345.36$$

*"MODELO PREDICTIVO DEL CRECIMIENTO URBANO, CAMBIOS EN LOS USOS DEL SUELO Y EFECTOS A LA RECARGA NATURAL DEL ACUÍFERO";
Estudio de caso, Xochimilco D.F.*

$$Y = -7.59 X + 1,234.54$$

3.15E+11	2.127E+11	10	3.87E+07	5,500.00
38500000	30250000	10	1,400,000	30250000
		3.87E+08		
		14000000		30250000
		62616810.0		
		-16250000		
		81,709.04		3.8533
		10		
		8170.904		3.8533
				550.00
		8170.904 =		2119.34

CALCULO DEL INDICE DE CORRELACION r

Obs.	1	2	3	4	5	6	8	9	10	sumas
X	100	200	300	400	500	600	800	900	1,000	2,800
Y	13,110	9,604	9,195	8,811	9,039	8,134	6,348	5,202	4,723	65,436
X ²	10,000	40,000	90,000	160,000	250,000	360,000	640,000	810,000	1,000,000	1,400,000
y ²	1.72E+08	9.22E+07	84,538,830	77,631,959	81,708,944	66,156,262	40,295,327	27,064,341	22,309,374	6.31E+08
X*Y	1,310,980	1,920,840	2,758,350	3,524,360	4,519,650	4,880,190	5,078,288	4,682,106	4,723,280	2.42E+07

$$r = \frac{7 \cdot 24,194,617 - 2,800 \cdot 65,436}{7 \cdot 1,400,000 - 7,840,000} = \frac{7 \cdot 631,043,527 - 183,220,800}{7 \cdot 1,400,000 - 7,840,000}$$

$$r = \frac{169,362,319 - 1.83E+08}{9800000.0 - 7,840,000} = \frac{169,362,319 - 183,220,800}{9800000.0 - 7,840,000}$$

$$r = \frac{-13,857,249}{1960000.0 - 135,492,174}$$

*"MODELO PREDICTIVO DEL CRECIMIENTO URBANO, CAMBIOS EN LOS USOS DEL SUELO Y EFECTOS A LA RECARGA NATURAL DEL ACUÍFERO";
Estudio de caso, Xochimilco D.F.*

$$r = \frac{-1.E+07}{2.66E+14}$$

$$r = \frac{-1.39E+07}{1.63E+07}$$

$$r = -0.85034 \quad -0.8503386$$

CALCULO DEL ERROR ESTANDAR DE AJUSTE

	Y	X	Y'	Y'
Y=	-7.6		12345.36	
Y'=	-7.6	100.00	12345.36	11586.37
Y'=	-7.6	200.00	12345.36	10827.37
Y'=	-7.6	300.00	12345.36	10068.38
Y'=	-7.6	400.00	12345.36	9309.39
Y'=	-7.6	500.00	12345.36	8550.40
Y'=	-7.6	600.00	12345.36	7791.41
		2,100		58133.32

$$e = \frac{23156.03}{\sqrt{3,859.34}}$$

INDICE DE DETERMINACION r^2

Y	Y'	Dif	Dif ²	X	Dif	Dif ²
13109.8	11586.37	1523.43	2320850.04	100	1664.61	2770928.7
9604.2	10827.37	-1223.17	1496156.41	200	1302.73	1697117.7
9,194.50	10068.38	-873.88	763671.657	300.00	1348.76	1819140.6
8,810.90	9309.39	-498.49	248493.73	400.00	1398.21	1955003.7
9,039.30	8550.40	488.90	239023.388	500.00	1528.31	2335722.3
8,133.65	7791.41	342.24	117129.462	600.00	1508.98	2277033.4
		-240.97	5185324.69		8751.61	1.29E+07
		Var Y	1037064.94		Var X	2.57E+06

$$\frac{5185324.69}{1037064.94} = \frac{2570989.27}{1037064.94} = 1.33E+13$$

*"MODELO PREDICTIVO DEL CRECIMIENTO URBANO, CAMBIOS EN LOS USOS DEL SUELO Y EFECTOS A LA RECARGA NATURAL DEL ACUÍFERO";
Estudio de caso, Xochimilco D.F.*

$$r^2 = 0.72307569$$

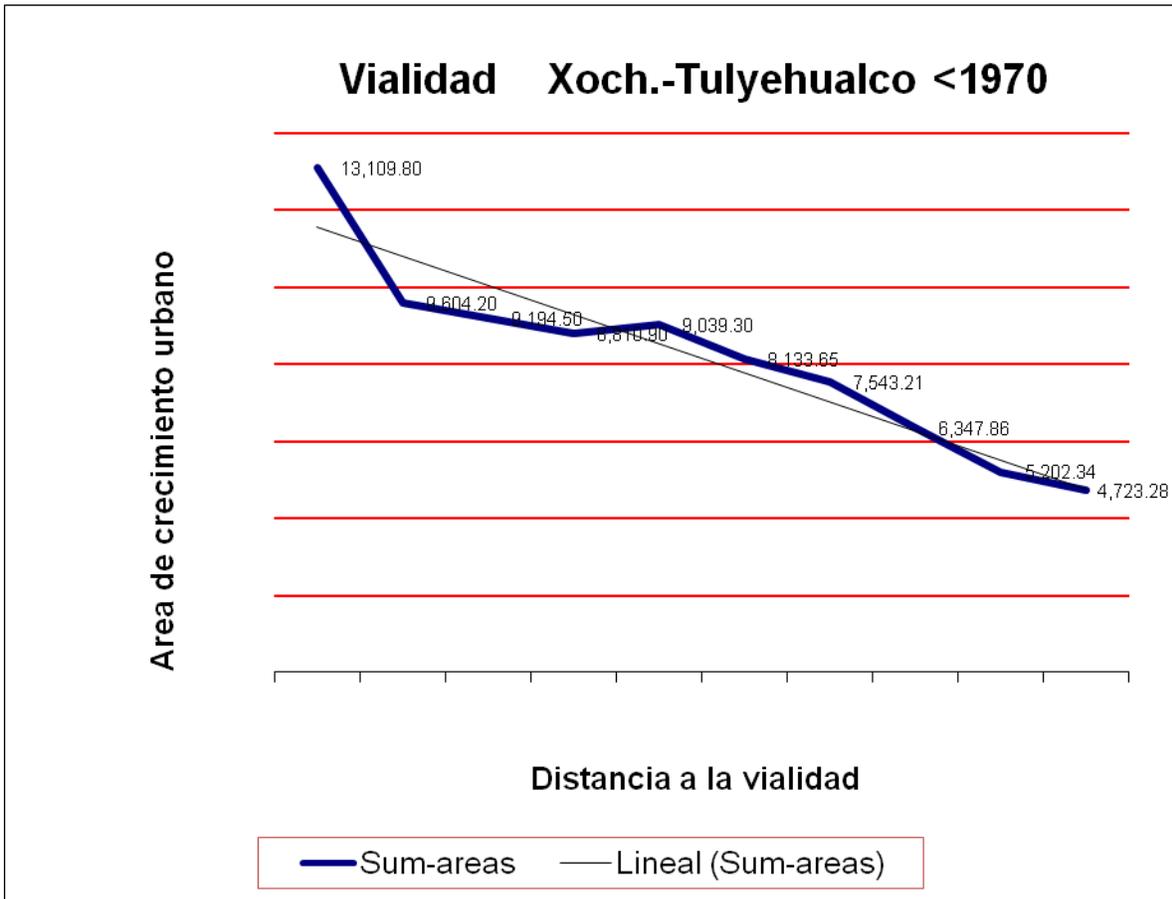
$$t = \frac{-0.8503}{\sqrt{1 - 0.7231}} = 2.24$$

$$t = \frac{-0.8503}{0.2769} = -3.07$$

$$t = \frac{-0.8503}{0.5262} = -1.62$$

$$t = \frac{-1.9014}{0.5262} = -3.61$$

$$t = -3.61$$



*"MODELO PREDICTIVO DEL CRECIMIENTO URBANO, CAMBIOS EN LOS USOS DEL SUELO Y EFECTOS A LA RECARGA NATURAL DEL ACUÍFERO";
Estudio de caso, Xochimilco D.F.*

CALCULO DEL RANGO DE INFLUENCIA DE LA VIALIDAD SAN ANDRÉS A SAN FRANCISCO

Per.	1	2	3	4	5	6	8	9	10	sumas
X	110	220	330	440	550	660	770	880	990	5,650
Y	23,357	10,001	5,272	2,986	1,355	1,492	1,795	2,169	1,789	57,759
X ²	12,100	48,400	108,900	193,600	302,500	435,600	592,900	774,400	980,100	3,938,500
X*Y	2,569,270	2,200,220	1,739,760	1,313,840	745,250	984,720	1,382,150	1,908,720	1,771,110	19,895,287

$$a = \frac{10 \cdot 19,895,287 - 5,650.00 \cdot 57,759}{10 \cdot 3,938,500 - 319,225.00} = \frac{198,952,870 - 326,339,537}{39,385,000 - 319,225.00}$$

$$a = \frac{127,386,667}{746,250} = -17.07$$

$$b = \frac{393,850 \cdot 57,759 - 5,650.00 \cdot 19,895,287}{10 \cdot 3,938,500 - 319,225.00}$$

$$b = \frac{1.15E+11}{746,250} = 15,420.61$$

Y=	-17.07 X	+	1,542.06
----	----------	---	----------

$$\frac{2.27E+11 \cdot 1.124E+11}{393,850 \cdot 319,225.00} = \frac{10 \cdot 1.99E+07 \cdot 5,650.00}{10 \cdot 1,591,100 \cdot 319,225.00}$$

$$\frac{1.99E+08}{15,911,000} = \frac{319,225.00}{319,225.00}$$

$$\frac{-1.27E+08}{-16,011,500}$$

$$\frac{57,759.21}{10} = 7.9559$$

$$5775.921 \cdot 7.9559 = 565.00$$

$$5775.921 = 4495.11$$

*"MODELO PREDICTIVO DEL CRECIMIENTO URBANO, CAMBIOS EN LOS USOS DEL SUELO Y EFECTOS A LA RECARGA NATURAL DEL ACUÍFERO";
Estudio de caso, Xochimilco D.F.*

CALCULO DEL INDICE DE CORRELACION r

Obs.	1	2	3	4	5	6	8	9	10	sumas
X	110	220	330	440	550	660	770	880	990	3,010
Y	23,357	10,001	5,272	2,986	1,355	1,492	1,795	2,169	1,789	52,006
X ²	12,100	48,400	108,900	193,600	302,500	435,600	592,900	774,400	980,100	1,591,100
y ²	5.46E+08	1.00E+08	27,793,984	8,916,196	1,836,025	2,226,064	3,222,025	4,704,561	3,200,521	7.43E+08
X*Y	2,569,270	2,200,220	1,739,760	1,313,840	745,250	984,720	1,382,150	1,908,720	1,771,110	1.48E+07

$$r = \frac{7 \cdot 14,833,307 - 3,010 \cdot 52,006}{7 \cdot 1,591,100 - 9,060,100} = \frac{7 \cdot 743,241,736 - 156,018,200}{11,137,700 - 9,060,100} = \frac{587,223,536}{2,077,600} = 0.2826$$

$$r = \frac{103,833,149 - 1.57E+08}{11137700.0 - 9,060,100} = \frac{103,833,149 - 157,000,000}{2,077,600} = \frac{-53,166,851}{2,077,600} = -0.2560$$

$$r = \frac{-52,705,543}{2077600.0} = -0.02537$$

$$r = \frac{-5.E+07}{5.19E+15} = -9.634E-13$$

$$r = \frac{-5.27E+07}{7.20E+07} = -0.73194$$

$$r = -0.7316 \quad -0.7316023$$

CALCULO DEL ERROR ESTANDAR DE AJUSTE

	Y	X	Y'	Y'
Y=	-17.1	X	15420.61	
Y=	-17.1	110.00	15420.61	13542.88
Y=	-17.1	220.00	15420.61	11665.15
Y=	-17.1	330.00	15420.61	9787.43
Y=	-17.1	440.00	15420.61	7909.70
Y=	-17.1	550.00	15420.61	6031.97
Y=	-17.1	660.00	15420.61	4154.25
		2,310		53091.39

*"MODELO PREDICTIVO DEL CRECIMIENTO URBANO, CAMBIOS EN LOS USOS DEL SUELO Y EFECTOS A LA RECARGA NATURAL DEL ACUÍFERO";
Estudio de caso, Xochimilco D.F.*

e= 22336.85 = 3,722.81

INDICE DE DETERMINACION

r²

Y	Y'	Dif	Dif2	X	Dif	Dif2
23357	13542.88	9814.12	96316946.9	110	1387.95	1926409.4
10001	11665.15	-1664.15	2769407.95	220	715.54	511993.52
5,272.00	9787.43	-4515.43	20389084.7	330.00	548.51	300858.15
2,986.00	7909.70	-4923.70	24242831.6	440.00	524.59	275192.68
1,355.00	6031.97	-4676.97	21874091.4	550.00	539.04	290565.96
1,492.00	4154.25	-2662.25	7087565.44	660.00	657.07	431737.53
		-8628.39	1.73E+08		4372.69	3.74E+06
		Var Y	34535985.61		Var X	7.47E+05

-8628.39	4372.69	1.423E+15
1.73E+08	747351.46	1.29E+14 1103.03668

r² = 0.53524198

$$t = \frac{-0.7316}{\sqrt{1 - 0.5352}} = 7$$

$$t = \frac{-0.7316}{0.4648} = 5$$

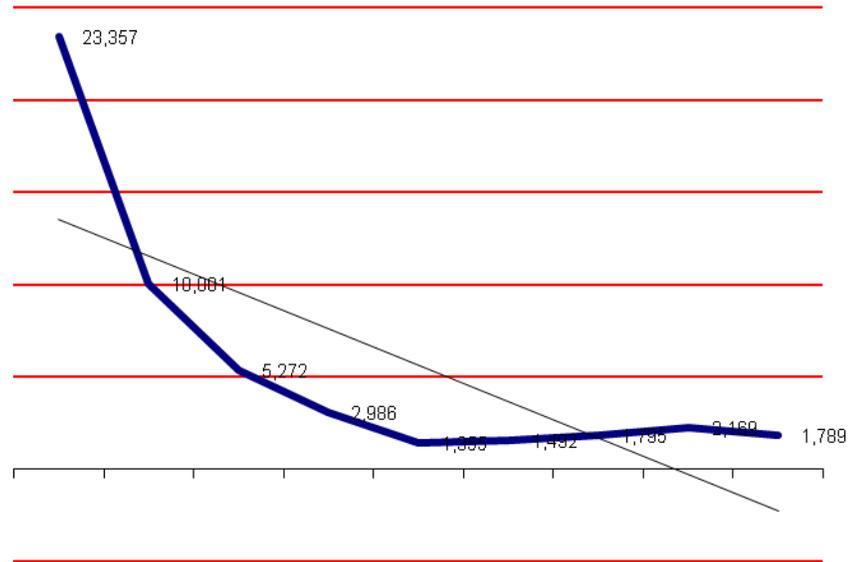
$$t = \frac{-0.7316}{0.6817} = 2.24$$

$$t = \frac{-1.6359}{0.6817}$$

$$t = -2.40$$

Vialidad San Andres a San Francisco

Area de crecimiento urbano



Distancia a la vialidad

— Sum-areas — Lineal (Sum-areas)

*"MODELO PREDICTIVO DEL CRECIMIENTO URBANO, CAMBIOS EN LOS USOS DEL SUELO Y EFECTOS A LA RECARGA NATURAL DEL ACUÍFERO";
Estudio de caso, Xochimilco D.F.*

CALCULO DEL RANGO DE INFLUENCIA DE LA VIALIDAD SAN ANDRÉS A SAN FRANCISCO

Per.	1	2	3	4	5	6	8	9	10	sumas
X	110	220	330	440	550	660	770	880	990	5,650
Y	65,692	30,226	15,290	8,993	7,336	4,328	2,945	2,554	1,701	146,608
X ²	12,100	48,400	108,900	193,600	302,500	435,600	592,900	774,400	980,100	3,938,500
X*Y	7,226,120	6,649,720	5,045,700	3,956,920	4,034,800	2,856,480	2,267,650	2,247,520	1,683,990	41,249,147

$$a = \frac{10 \cdot 41,249,147 - 5,650.00 \cdot 146,608}{10 \cdot 3,938,500 - 31922500} = \frac{412491470 - 828336387}{39385000 - 31922500}$$

$$a = \frac{-415844917}{7462500} = -55.72$$

$$b = \frac{3938500 \cdot 146,608 - 5,650.00 \cdot 41,249,147}{10 \cdot 3,938,500 - 31922500}$$

$$b = \frac{3.44E+11 - 2.33E+11}{7462500} = 46,145.23$$

Y =	-55.72	X	+	4,614.52
-----	--------	---	---	----------

$$\frac{5.77E+11 \cdot 2.331E+11 - 10 \cdot 4.12E+07 \cdot 5,650.00}{39385000 \cdot 31922500 - 10 \cdot 1,591,100 \cdot 31922500}$$

$$\frac{4.12E+08}{15911000 \cdot 31922500}$$

$$\frac{-4.16E+08}{-16011500}$$

$$\frac{146,608.21}{10} = 25.9716$$

$$14660.821 \cdot 25.9716 = 565.00$$

$$14660.821 = 14673.98$$

CALCULO DEL INDICE DE CORRELACION r

*"MODELO PREDICTIVO DEL CRECIMIENTO URBANO, CAMBIOS EN LOS USOS DEL SUELO Y EFECTOS A LA RECARGA NATURAL DEL ACUÍFERO";
Estudio de caso, Xochimilco D.F.*

Obs.	1	2	3	4	5	6	8	9	10	sumas
X	110	220	330	440	550	660	770	880	990	3,010
Y	65,692	30,226	15,290	8,993	7,336	4,328	2,945	2,554	1,701	139,408
X2	12,100	48,400	108,900	193,600	302,500	435,600	592,900	774,400	980,100	1,591,100
y2	4.32E+09	9.14E+08	2.34E+08	80,874,049	53,816,896	18,731,584	8,673,025	6,522,916	2,893,401	5.67E+09
X*Y	7,226,120	6,649,720	5,045,700	3,956,920	4,034,800	2,856,480	2,267,650	2,247,520	1,683,990	3.50E+07

$$r = \frac{7 \cdot 35,049,987 + 3,010 \cdot 139,408}{7 \cdot 1,591,100 + 9,060,100 + 7 \cdot 5.67E+09}$$

$$r = \frac{245,349,909 + 4.20E+08}{11137700.0 + 9,060,100 + 3.9712E+10}$$

$$r = \frac{-1.74E+08}{2077600.0 + 2.03E+10}$$

$$r = \frac{-2.E+08}{4.21E+16}$$

$$r = \frac{-1.74E+08}{2.05E+08}$$

$$r = -0.84905 \quad -0.8490476$$

CALCULO DEL ERROR ESTANDAR DE AJUSTE

	Y	Y'
Y=	-55.7 X	46145.23
Y' =	-55.7 110.00	46145.23 40015.52
Y' =	-55.7 220.00	46145.23 33885.81
Y' =	-55.7 330.00	46145.23 27756.10
Y' =	-55.7 440.00	46145.23 21626.40
Y' =	-55.7 550.00	46145.23 15496.69
Y' =	-55.7 660.00	46145.23 9366.98
	2,310	148147.51

$$e = \frac{65008.52}{\sqrt{10,834.75}}$$

*"MODELO PREDICTIVO DEL CRECIMIENTO URBANO, CAMBIOS EN LOS USOS DEL SUELO Y EFECTOS A LA RECARGA NATURAL DEL ACUÍFERO";
Estudio de caso, Xochimilco D.F.*

INDICE DE DETERMINACION				r2		
Y	Y'	Dif	Dif2	X	Dif	Dif2
65692	40015.52	25676.48	659281655	110	1206.06	1454579
30226	33885.81	-3659.81	13394224.7	220	679.61	461867.03
15,290.00	27756.10	-12466.10	155403769	330.00	521.58	272041.13
8,993.00	21626.40	-12633.40	159602732	440.00	518.57	268918.47
7,336.00	15496.69	-8160.69	66596864.2	550.00	598.84	358606.92
4,328.00	9366.98	-5038.98	25391348.3	660.00	654.86	428839.31
		-16282.51	1.08E+09		4179.51	3.24E+06
		Var Y	2.16E+08		Var X	6.49E+05
			-16282.51	4179.51	4.631E+15	
			1.08E+09	648970.36	7.01E+14	660.96381

$$r^2 = 0.72088184$$

$$t = \frac{-0.8490}{\sqrt{1 - 0.7209}} = 7$$

$$t = \frac{-0.8490}{0.2791} = 5$$

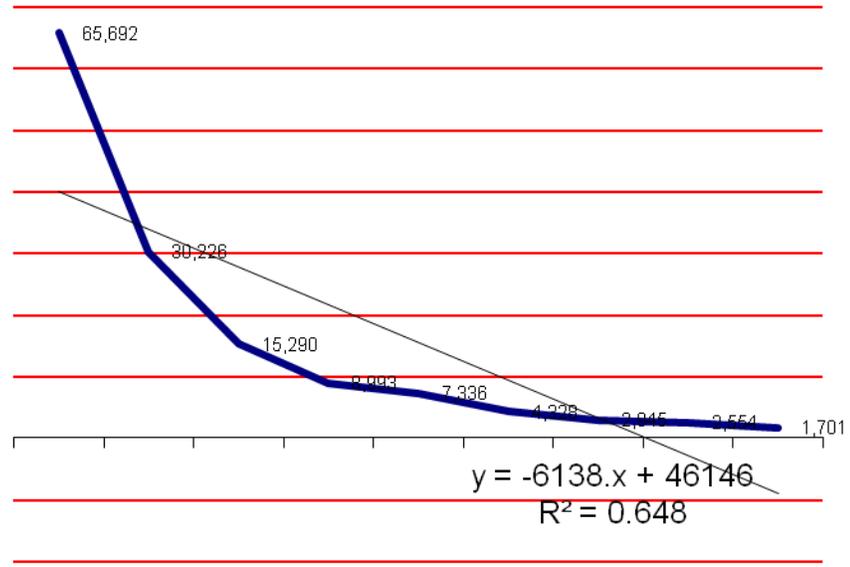
$$t = \frac{-0.8490}{0.5283} = 2.24$$

$$t = \frac{-1.8985}{0.5283}$$

$$t = -3.59$$

Vialidad San Lorenzo Atemoaya a Sta. Cecilia

Area de crecimiento urbano



Distancia a la vialidad



CALCULO DE LAS DENSIDADES DE POBLACIÓN

*"MODELO PREDICTIVO DEL CRECIMIENTO URBANO, CAMBIOS EN LOS USOS DEL SUELO Y EFECTOS A LA RECARGA NATURAL DEL ACUÍFERO",
Estudio de caso, Xochimilco D.F.*

DENSIDADES DE POBLACIÓN POR AGEBS

AGEB	1990	2000	2005	Tasa90-00	Tasa00-05	Area	Dens
1	7180	6929	6572	2.5	7.1	770	9.32
2	2687	2716	2565	0.3	3.0	593	4.53
3	3372	3910	3631	5.4	5.6	274	12.3
5	292	158	181	1.3	0.5	893	0.33
6	7220	8367	8669	11.5	6.0	1188	6.08
8	2880	2816	2566	0.6	5.0	282	10.2
9	921	2014	3609	10.9	31.9	937	0.98
12	4074	3759	3688	3.2	1.4	217	18.8
13	3883	3573	3458	3.1	2.3	227	17.1
16	3868	4604	4652	7.4	1.0	522	7.41
17	374	577	652	2.0	1.5	405	0.92
18	1751	1585	1625	1.7	0.8	54	32.4
19	993	1029	1050	0.4	0.4	36	27.6
20	3539	3461	3439	0.8	0.4	226	15.7
21	5221	5168	4975	0.5	3.9	390	13.4
22	2720	2241	2130	4.8	2.2	228	11.9
23	3978	3657	3337	3.2	6.4	274	14.5
24	2827	2783	2504	0.4	5.6	787	3.59
25	4279	3830	3946	4.5	2.3	232	18.4
27	3362	4026	4135	6.6	2.2	812	4.14
28	4298	5381	5982	10.8	12.0	177	24.3
29	3120	7914	9621	47.9	34.1	988	3.16
30	594	790	881	2.0	1.8	301	1.97
31	2607	2353	2587	2.5	4.7	375	6.95
32	0	18	12	0.2	0.1	305	0
33	5708	6074	5817	3.7	5.1	833	6.85
35	5412	5303	5236	1.1	1.3	364	14.9
36	7469	9353	9970	18.8	12.3	2307	3.24
37	3869	4032	4632	1.6	12.0	709	5.46
38	4500	5650	6363	11.5	14.3	658	6.84
39	553	1939	2428	13.9	9.8	291	1.9
40	2277	2676	2679	4.0	0.1	778	2.93
41	4908	5145	5194	2.4	1.0	371	13.2
42	544	643	712	1.0	1.4	397	1.37
43	656	994	1131	3.4	2.7	77	8.52
44	3427	3960	4259	5.3	6.0	558	6.14
46	4960	5526	6337	5.7	16.2	840	5.9
47			1067	-	21.3		
48	4873	5780	6365	9.1	11.7	444	11
49	418	425	514	0.1	1.8	53	7.89
50	3782	4853	5944	10.7	21.8	831	4.55
52	3734	5047	5482	13.1	8.7	1240	3.01
53	4372	4703		3.3	94.1	318	13.7
55	3506	3474	3267	0.3	4.1	366	9.58
56	3129	3211	3296	0.8	1.7	342	9.15

*"MODELO PREDICTIVO DEL CRECIMIENTO URBANO, CAMBIOS EN LOS USOS DEL SUELO Y EFECTOS A LA RECARGA NATURAL DEL ACUÍFERO",
Estudio de caso, Xochimilco D.F.*

57	1185	1308	270	1.2	-	20.8	232	5.11
59	2950	4755	7539	18.1		55.7	535	5.51
60	3494	4972	5147	14.8		3.5	982	3.56
64	2153	2601	2744	4.5		2.9	689	3.12
65	1843	2886	3216	10.4		6.6	857	2.15
66	2358	2743	3357	3.9		12.3	868	2.72
68	4391	4245	4845	1.5	-	12.0		
69	4568	7506	8689	29.4		23.7	1981	2.31
70	217	403	618	1.9		4.3	293	0.74
71	96	296		2.0	-	5.9	252	0.38
72	0	380	516	3.8		2.7	162	0
73	489	1658	2375	11.7		14.3	539	0.91
74	1895	5097	6707	32.0		32.2	667	2.84
75	608	1946	3544	13.4		32.0	1218	0.5
76	249	609	924	3.6		6.3	500	0.5
77	857	1550	1676	6.9		2.5	360	2.38
80	2323	4749	7395	24.3		52.9	o	
81	759	4059	5295	33.0		24.7	o	
82	929	2111	2447	11.8		6.7	595	1.56
83	24	332	561	3.1		4.6	171	0.14
84	324	538	771	2.1		4.7	1069	0.3
85	268	1070	1529	8.0		9.2	894	0.3
86	217	1080	1503	8.6		8.5	266	0.82
87	387	1125	1573	7.4		9.0	157	2.46
88	263	409	725	1.5		6.3	807	0.33
89	100	636	484	5.4	-	3.0	324	0.31
91	489	1884	1974	14.0		1.8	744	0.66
102	4000	5156	5194	11.6		0.8	415	9.64
103	5288	7012	7298	17.2		5.7	1029	5.14
104	2276	2163	2018	1.1	-	2.9	260	8.75
105	4599	4378	4535	2.2	-	3.1	279	16.5
106	2412	4233	4351	18.2		2.4	394	6.12
107	4235	4541	476	3.1	-	81.3	632	6.7
108	3032	3120	4143	0.9		20.5	178	17
109	1992	2420	3033	4.3		12.3	428	4.65
110	2441	3234	2630	7.9	-	12.1	655	3.73
111	2664	2814	3912	1.5		22.0	137	19.4
112	2576	2545	2893	0.3	-	7.0	179	14.4
113	1899	2826	2527	9.3	-	6.0	655	2.9
114	3307	4497	3501	11.9	-	19.9	1248	2.65
115	4632	5971	4663	13.4	-	26.2	658	7.04
116	4313	7627	6284	33.1	-	26.9	4042	1.07
117	3697	4933	9187	12.4		85.1	393	9.41
118	4068	5037	5395	9.7		7.2	980	4.15
119	5211	7317	5290	21.1	-	40.5	740	7.04
120	1902	5021	8265	31.2		64.9	504	3.77
121	1237	6341	612	51.0	-	114.6	372	3.33
122	3121	6281	6990	31.6		14.2	351	8.89

*"MODELO PREDICTIVO DEL CRECIMIENTO URBANO, CAMBIOS EN LOS USOS DEL SUELO Y EFECTOS A
LA RECARGA NATURAL DEL ACUÍFERO",
Estudio de caso, Xochimilco D.F.*

123	3230	4052	6536	8.2		49.7	277	11.7
124	0	82	4190	0.8		82.2	879	0
125	0	0	58	-		1.2	232	0
126	0	1126	2626	11.3		30.0	1	0
127	0	0	0	-		-	1	0
129	0	504	500	5.0	-	0.1	1	0
130	0	1009	939	10.1	-	1.4	1	0
131	2300	3464	3928	11.6		9.3	672	3.42
132	3580	6083	7132	25.0		21.0	667	5.37
133	6648	6189	5907	-	4.6	-	5.6	
134	245	1398	2035	11.5		12.7		
135	697	0		-	7.0	-		
136	2471	4580	4748	21.1		3.4	644	3.84
137	2265	3391	4214	11.3		16.5	360	6.29
138		863	1764			18.0		
139		682	1299			12.3		
140		1888	2370			9.6		
141		1293	1733	12.9		8.8		
142		426	696	4.3		5.4		
143		871	1132	8.7		5.2		
144		1655	2756	16.6		22.0		
145		912	1478	9.1		11.3		
146		940	1254	9.4		6.3		
147		810	258	8.1	-	11.0		
148		210	1186	2.1		19.5		
149		871	280	8.7	-	11.8		
150		243	187	2.4	-	1.1		
151		143	781	1.4		12.8		
Totales	267911	364547	396768	966.36		644.42	56696	12.7

XII.- Bibliografía.

XII.1.- Bibliografía de referencia.

A Safe Modifying Cellular Automaton of Historical Urbanization in San Francisco bay Area, Clarke K.C. Environment and Planning B, 24, 247 – 261.

Advanced Statistics, Stephens J. Larry. Mc Graw Hill. N.Y. 2004. Chapter 3.

Agricultura y Empleo en la Ciudad de México D.F. Canábal Calstiani Beatriz, UAM, México, 1992.

Agua e Hidrología de la Cuenca del Valle de México, Guerra Luis Manuel, México 1988, pág. 9.

Apoyo de Emergencia a la Zona Lacustre Xochimilco Tlahuac, Informe técnico de la Recarga del Acuífero, ONU, UNESCO, Roma 1988. Pág. 8.

Cellular Automata, a discrete Universe, Andrew Ilachinski, Ed. World Scientific Publications, Center for Naval Analyses USA, 2002, Singapore, clasif. UNAM QA 267.5c45 I 53.

De las Chinampas a la Megalópolis, Ezequiel Ezcurra, IAEAM, México, 1984.

Descripción de la Cuenca del Valle de México, sus problemas y Como Resolverlos, Orozco José Vicente y Sainz Ignacio, Comisión de Hidrología de la Cuenca del Valle de México, 1970.

Designing Geodatabases, Case Studies in GIS Data Modeling, Arctur David, Zeiler Michael, ESRI Press , 2004, USA.

El Desarrollo Urbano en México, Unikel Luis, El Colegio de México , 1976, Pág. 7.

En Muchos Lugares y Todos los Días, Salles Vania, y Valenzuela José Manuel, El Colegio de México, 1997.

Estimations in Natural Grownnd water, Simmers Ian. Nato. Brussels, 1987.

Estudio Para Determinar la Evolución del Nivel de Agua Subterranea en la Zona de Explotación del D.F. Mediciones y Balances, Lesser, D.G.O.C.H. Clasif. 7246-L173-e.

*"MODELO PREDICTIVO DEL CRECIMIENTO URBANO, CAMBIOS EN LOS USOS DEL SUELO Y EFECTOS A LA RECARGA NATURAL DEL ACUÍFERO";
Estudio de caso, Xochimilco D.F.*

Estadísticas del Medio Ambiente, SEMARNAP, México 1997, Pág.39.

Estudio para la Evolución de los Niveles del Agua Subterránea en la Zona de Explotación de D.F. mediciones y Balance, DGCOH, Lesser, 1999., coloc. DGCOH G 2.0- -7256-Li73e.

Evolución del Nivel Estático 1997-2000, Estudio de Mediciones en la Red de Pozos piloto para la parte sur de la Cuenca del Valle de México, Actualización del Balance Hidrológico, 2000, Lesser, DGCOH coloc. 1.8(7547).

Extending Arc View GIS, Teach yourself to use Arc View Extensions, Tom Ormsby Jonelly Alvi, ESRI Press, 1999, USA.

Generating Urban Forms, Diffusive Growth, Batty Mike, Environment and Planning, A,23, pp 511-544.

GIS for Everyone, Your Neighborhood and Your World with a Geographic Information System, Davis David A. ESRI Press, 1999 USA.

Informe Técnico de Hidrología, Cruickshank Villanueva Carlos, 1988, Anexo 4.

Introduction to the Mathematics of Population, Kefitz Nathan, University of Chicago, USA, 1978.

Implementation of Cellulat Automata Models in raster GIS Dynamic Modelling Environment. An Example Used in Clarke Urban Growth Model. Abstract GIS/EM4, 2000.

La Situación Demográfica de México, 2000, CONAPO, México, 2000.

Lectures in Matematical Statistics, Yuntchkov Yuri, Moscu, 1999.

Manual sobre la Evolución operativa de la Evaporación Real, Secretaria de la Organización Meteorologica Mundial, Geneve, 1972.

Modeling and Prediction of Future Urban Growth in the Charleston Region of South Carolina: a GIS - based Integrated Approach. Allen Jeffery and Lu Kang, Conservation Ecology 8(2); 2.

*"MODELO PREDICTIVO DEL CRECIMIENTO URBANO, CAMBIOS EN LOS USOS DEL SUELO Y EFECTOS A LA RECARGA NATURAL DEL ACUÍFERO",
Estudio de caso, Xochimilco D.F.*

Modelling Urban Growth Patterns, Makse H.A. nature, 3. Pp 608 - 612.

Plan de Acciones Hidráulicas 2001 - 2005 Xochimilco, D.G.O.C.H. , 2002. Pág. 38.

*Retos y Oportunidades Demográficas del Futuro de la Población, México 2030,
Gómez de León Cruces José, FCE, México 2000.*

*The ESRI Guide to GIS Analysis Volume 1: Geographic Patterns and Relationships,
Mitchell Andy Environmental Institute Research Institute, 2002, USA.*

*The Urbanization of México, Tesis doctoral, University of California, Browning H.
Berkeley 1972, Pág.180.*

*The ESRI Guide to GIS Analysis Volume 2: Spatial Measurements and Statistics,
Mitchell Andy Environmental Institute Research Institute, 2005, USA.*

XII.2.- Bibliografía de consulta.

*Agua e Hidrología de la Cuenca del Valle de México, Guerra Luis Manuel, México
1988.*

Advanced spatial analysis, Paul A. Longley, ESRI Press, EUA.

*Application of Biosphere Concept to Urban Areas and their Hinterlands, MAB
UNESCO, Item. 8 on provisional agenda cs-97/conf,502/4 July 1998*

*Apoyo de Emergencia a la Zona Lacustre Xocimilco-Tlahuac, Economía Agrícola,
Arturo Puente González, ONU. FAO, UNESCO. Roma 1988.*

*"MODELO PREDICTIVO DEL CRECIMIENTO URBANO, CAMBIOS EN LOS USOS DEL SUELO Y EFECTOS A LA RECARGA NATURAL DEL ACUÍFERO",
Estudio de caso, Xochimilco D.F.*

Apoyo de Emergencia a la Zona Lacustre Xochimilco-Tláhuac, Informe Técnico de la Recarga del Acuífero, ONU.FAO. UNESCO. Roma 1988. Centro de Estudios sobre Xochimilco, UAM Xochimilco, ubicación. 30.

Apuntes Sobre la Teoría de Automatas y Lenguajes Formales, Garcia Pedro, Encara Segarra y Tomás Pérez, Madrid 2002. Ubic. UNAM QA 267.3 AG8.

ARC Macro Language: Developing Menus and Macros with AML, ESRI Press, ISBN 1-879102-18-8.

Balance geohidrológico en el D.F. y Modelación de la Explotación del Acuífero, Lesser y Asociados, DGCOH.1996- coloc. 6188-li73.b.

Bibliografía de la Ciudad de México D.F. Manzanilla Lina UNAM, 1997.

Boletines Meteorológicos, SARH, 1909 a 1992.

Cálculo Diferencial e Integral, Piskunov Nikolai Sieminovich, Moscu, 1988.

Comparisons of Threatned Environments, Kasperson Jeanne, Kasperson Roger, UNU Press, 1995.

Convention on Wetlands, MAB UNESCO, Ramsar Iran,.

Cuaderno Estadístico Delegacional Xochimilco, INEGI, 1996.

Descripción de la Cuenca del Valle de México, sus Problemas y como Resolverlos, Orozco Breve, José Vicente y Sainz Ortiz Ignacio, Comisión de Hidrología de la Cuenca del Valle de México, 1970.

Designing Geodatabases, Case Studies in GIS Data Modeling, Arctur Davis. Zeiler Michael, ESRI, New York 2004.

De Las Chinampas a la Megalópolis, Ezcurra Ezequiel, IAEAM, México, 1984.

Efecto Ambiental de la expansión de la Ciudad de México, Legorreta Jorge, Centro de Ecología, 1988.

*"MODELO PREDICTIVO DEL CRECIMIENTO URBANO, CAMBIOS EN LOS USOS DEL SUELO Y EFECTOS A LA RECARGA NATURAL DEL ACUÍFERO",
Estudio de caso, Xochimilco D.F.*

El Costo de no actuar, Carter Brandon, Hammond Kristine, UNU/UAS working paper num. 9 1999.

El Crecimiento Urbano, Cambios en los Usos del Suelo y Efectos en la Hidrología, Xochimilco, D.F. de 1930 a 2000, Tesis de Maestría, México, 2000.

El Desarrollo Urbano en México, Unikel Luis, Colegio de México, 1976.

El Método de La Economía Política en América Latina, Nogaro Bertrand, México 1943.

En Muchos Lugares y Todos los Días, Salles Vania y Valenzuela José Manuel, El Colegio de México, México.

El Sistema Acuífero de la Cuenca del Valle de México, Herrera et. al. Revista Geofísica Internacional, Instituto de Geofísica UNAM, Vol. 28 Núm. 2, 1989.

Environment Magazine, Nadeau Isabelle, Dossier No. 1601, Oct. 2001.

Estadísticas de Medio Ambiente, SEMARNAP, México, 1997.

Estimations in natural groundwater, Simmers Ian, NATO, Bruselas, 1987.

Estudio de la evolución del nivel de agua subterránea en la zona de explotación del D.F. mediciones y balance, DGCOH, 1999, Lesser, coloc. DGCOH 7246-L173-e.

Estudio de las mediciones en las red de pozos piloto para la parte sur de la cuenca del Valle de México y actualizaciones de balance geohidrológico, DGCOH, 2000, 7547-L173e.

Estudio Geoeléctrico del Sistema Acuífero de la Cuenca del Valle de México: Rodríguez C. Y C. Ochoa A. Revista Geofísica Internacional, Vol. 28 Núm. 2, 1989, Instituto de Geofísica UNAM.

Estudio Hidrológico para restablecer el Lago de Xochimilco Pág. 6 Estudio agrológico detallado de la zona Baja de Tláhuac D.F. Dirección General de Aprovechamientos Hidráulicos, S.R.H. 1952.

*"MODELO PREDICTIVO DEL CRECIMIENTO URBANO, CAMBIOS EN LOS USOS DEL SUELO Y EFECTOS A LA RECARGA NATURAL DEL ACUÍFERO",
Estudio de caso, Xochimilco D.F.*

Estudio para determinar la evolución del nivel del agua subterránea en la zona de explotación del D.F., mediciones y balance, Lesser y asoc. DGCOH, 1999, coloc. DGCOH 7246-L173-e.

Geographic information systems, Longley Paul A. ABRIDGED, 2005.

Geoquímica Isotópica del Sistema Hidrológico de la Cuenca del Valle de Cuernavaca, Estado de Morelos, E. Vázquez Sánchez, A. Cortés, R. Jaimes Palomera, P. Fritz y R. Aravena, Revista Geofísica Internacional, Vol. 28, Núm. 2, 1989, Instituto de Geofísica, UNAM.

Getting to Know ArcView GIS, Kensork Deane, ESRI Press, ISBN 1-879102-46-3

GIS for Everyone, Davis E, David, ESRI Press, 1995 ISBN 1-879102-49-8.

Herramientas Para el Cambio, Modelos Matemáticos para Acuíferos del Valle de México, Comparación de Evoluciones Piezométricas Calculadas y Observadas, Carlos Cruickshank Villanueva, 1980.

Importancia de los Recursos Acuíferos de Xochimilco, Cardona Zárate, UAM, 1987.

Ingenieries, Methodologie d'évaluation des couts d'investment et d'exploitation des petites stations dépuraton urbaines, Olivier Alexandre, edition especial.

Informe Técnico de Geohidrología, Anexo 4, Cruickshank Villanueva Carlos, SARH, México 1988.

Informes Progresivos No. 1, 2 y 3 Estudio de Infiltración de la Cuenca del Río Milpa Alta, Subcuenca EL Vertedor, SARH, CAVM, Junio de 1967.

Introduction to Urban Dynamics, Alfeld Louis Edward, Wright Allen Press, 1976.

La Investigación Científica, Bunge Mario, Siglo XXI, 1975.

La Situación Demográfica en México, 2000, CONAPO, 2000.

La Universidad Interdisciplinaria, Borrero A., México 1982.

*"MODELO PREDICTIVO DEL CRECIMIENTO URBANO, CAMBIOS EN LOS USOS DEL SUELO Y EFECTOS A LA RECARGA NATURAL DEL ACUÍFERO",
Estudio de caso, Xochimilco D.F.*

Localización de Servicios en la Planeación Urbana y Regional. UAEM, 1984.

Long Term Urban Growth Prediction; using a cellular automation model and GIS: Application in San Francisco, Washington and Baltimore. Spatial Population Analysis and Regional Economic Development March 24-25. Hong Kong, 1997.

Manual sobre la evaluación operativa de la evaporación real, Secretaria de la Organización Meteorológica Mundial, Ginebra, 1975.

Memorias del Drenaje Profundo, D.G.C.O.H. 1975, pág. 38.

México una megaciudad, Ward M. Peter, Alianza, México, 1980.

Modeling Urban Land Use Changes: The next generation of the California Urban Future Model. Landis, J.D. Zhang. Paper submitted to the Land Use Modeling Workshop, USGS UROS.

Models in planning, an introduction to the use of quantitative models in planning, Lee Colin, Pergamon Press, New Castle, 1973.

Modelo Conceptual Hidrogeológico y Características Hidráulicas del Acuífero de Explotación en la Parte Meridional de la Cuenca del Valle de México, Tesis, Vázquez S. Eliseo, México, UNAM 1995.

Periferias Urbanas, Expansión urbana incontrolada de bajos ingresos y su impacto en el medio ambiente, Bazant Jan S. Trillas, México, 2001.

Plan de Manejo Integral de las Microcuencas en Suelo de Conservación, GDF – Roche – ACADI, 2002.

Plan de Acciones Hidráulicas, 2001-2005 Xochimilco, D.G.C.O.H. 2001.

Planning the built Environment, Larz T. Anderson, AMERICAN Planning Association, 2000.

Programa Parcial de Desarrollo Urbano, Delegación Xochimilco, Gobierno del Distrito Federal, 2003.

*"MODELO PREDICTIVO DEL CRECIMIENTO URBANO, CAMBIOS EN LOS USOS DEL SUELO Y EFECTOS A LA RECARGA NATURAL DEL ACUÍFERO",
Estudio de caso, Xochimilco D.F.*

Regulations for Flood Plains, American Society of Officials, Chicago Ill, 1972.

Retos y Oportunidades Demográficas Del Futuro de la Población, México 2030, José Gómez de León Cruces, FCE, México, 2000.

Rescate de Xochimilco, Canabal Cristiani Beatriz, UAM Xochimilco, 1986.

Sistema Hidraulico del D.D.F. (Cronología), D.D.F. 1994, Biblioteca D.G.C.O.H.

Site Planning Standards, De Chiara Joseph, Mc Graw Hill, 1978.

Sobre el Origen el Uso y el Contenido del Término Sostenible, Naredo J.M. Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid, 1998.

Sobre la Cerradura Hidrogeológica de la Cuenca del Valle de México, A. Cortes y J. Durazo, Ingeniería Hidráulica en México, Vol. 2 II Época, Abril-Junio 2001.

Statistics made simple, Hattslet H.T. Jr. Made simple books, 1986, E.U.A.

Teoría y Problemas de Cálculo Diferencial Ayres Franck, McGraw-Hill. New-York, 2004.

The Urbanization of México, tesis doctoral inedita, Berkey, University of California, 1962, cita a L.B. Simpson en C. Sjöberg, "The Evolution of Cities" Scientific American, Septiembre 1965.

Toward Global Equilibrium, Meadows Denis L. Meadows Donella H. Collected Papers, 1974.

The Cost of Not Acting, Carter Brandon, Homman Kristeen, UNU/IAS working paper No. 9. 1996.

The ESRI Guide to GIS analysis, ESRI Press, 1999.

The Mega Cities in Latin America, Gilbert Alan, UNU Press 1996.

*"MODELO PREDICTIVO DEL CRECIMIENTO URBANO, CAMBIOS EN LOS USOS DEL SUELO Y EFECTOS A LA RECARGA NATURAL DEL ACUÍFERO",
Estudio de caso, Xochimilco D.F.*

The Practice of Local Governmental Planning, ICMA University, 2000, EUA.

Towards some operational principles for sustainable development, Daly, H.E., 1990, Ecological Economics, Vol. 2 No. 1.

Una Evaluación de los Caudales Disponibles de Agua en la Cuenca del Valle de México, Lohenberg Alfred, 1973.

Understanding GIS: The ArcInfo Method (workstation ArcInfo), ERSI Press, ISBN 1-879102-00-5.

Urban Planning and Design Criteria, De Chiara and Koppelman, Van Nostrand Reinhold, 1975.

Urban Planning Participation: practice and theory, doctoral thesis Chalmers University of technology, 1998.

Operational Urban Models: State of the Art, Wegener M. Journal of American Planning Association 60:17-29

XII.3. Sitios en Internet

www.unesco.org/smitsonian/mab/methodology

www.unesco.org/mab/mabicc/2000/eng/urban.htm

www.unu.edu/hg/special-a/rio-plus5.html

[www://.consecol.org/vol8/iss2/art2](http://www.consecol.org/vol8/iss2/art2)

<http://www.ncgia.ucsb.edu/conf/landuse97>

<http://arcgisdevelopersonline.esri.com>

XIII.- Fundamentos Jurídicos.

XIII.1.- Fundamentos jurídicos constitucionales.

Los fundamentos jurídicos en el nivel constitucional son;

Artículo 26. A. El Estado organizará un sistema de planeación democrática del desarrollo nacional que imprima solidez, dinamismo, permanencia y equidad al crecimiento de la economía para la independencia y la democratización política, social y cultural de la Nación.

Los fines del proyecto nacional contenidos en esta Constitución determinarán los objetivos de la planeación. La planeación será democrática. Mediante la participación de los diversos sectores sociales recogerá las aspiraciones y demandas de la sociedad para incorporarlas al plan y los programas de desarrollo. Habrá un plan nacional de desarrollo al que se sujetarán obligatoriamente los programas de la Administración Pública Federal.

La ley facultará al Ejecutivo para que establezca los procedimientos de participación y consulta popular en el sistema nacional de planeación democrática, y los criterios para la formulación, instrumentación, control y evaluación del plan y los programas de desarrollo. Asimismo, determinará los órganos responsables del proceso de planeación y las bases para que el Ejecutivo Federal coordine mediante convenios con los gobiernos de las entidades federativas e induzca y concierte con los particulares las acciones a realizar para su elaboración y ejecución.

Artículo 27. La propiedad de las tierras y aguas comprendidas dentro de los límites del territorio nacional, corresponde originariamente a la Nación, la cual ha tenido y tiene el derecho de transmitir el dominio de ellas a los particulares, constituyendo la propiedad privada.
(Reformado mediante decreto publicado en el Diario Oficial de la Federación el 10 de enero de 1934)

Las expropiaciones sólo podrán hacerse por causa de utilidad pública y mediante indemnización.
(Reformado mediante decreto publicado en el Diario Oficial de la Federación el 10 de enero de 1934)

Artículo 70. Toda resolución del Congreso tendrá el carácter de ley o decreto. Las leyes o decretos se comunicarán al Ejecutivo firmados por los presidentes de ambas Cámaras y por un secretario de cada una de ellas, y se promulgarán en esta forma: "El Congreso de los Estados Unidos Mexicanos decreta: (texto de la ley o decreto)".

Artículo 109. El Congreso de la Unión y las Legislaturas de los Estados, dentro de los ámbitos de sus respectivas competencias, expedirán las leyes de responsabilidades de los servidores públicos y las demás normas conducentes a sancionar a quienes, teniendo este carácter, incurran en responsabilidad, de conformidad con las siguientes prevenciones:

(Reformado mediante decreto publicado en el Diario Oficial de la Federación el 28 de diciembre de 1982).III. Se aplicarán sanciones administrativas a los servidores públicos por los actos u omisiones que afecten la legalidad, honradez, lealtad, imparcialidad y eficiencia que deban observar en el desempeño de sus empleos, cargos o comisiones.

(Reformado mediante decreto publicado en el Diario Oficial de la Federación el 28 de diciembre de 1982).

Artículo 115. Los Estados adoptarán, para su régimen interior, la forma de gobierno republicano, representativo, popular, teniendo como base de su división territorial y de su organización política y administrativa el Municipio Libre, conforme a las bases siguientes:

(Reformado mediante decreto publicado en el Diario Oficial de la Federación el 3 de febrero 1983).

Los ayuntamientos tendrán facultades para aprobar, de acuerdo con las leyes en materia municipal que deberán expedir las legislaturas de los Estados, los bandos de policía y gobierno, los reglamentos, circulares y disposiciones administrativas de observancia general dentro de sus respectivas jurisdicciones, que organicen la administración pública municipal, regulen las materias, procedimientos, funciones y servicios públicos de su competencia y aseguren la participación ciudadana y vecinal.

(Reformado mediante decreto publicado en el Diario Oficial de la Federación el 23 de diciembre 1999).

Artículo 120. Los Gobernadores de los Estados están obligados a publicar y hacer cumplir las leyes federales.

XIII.2.- Fundamentos jurídicos en las Leyes y Reglamentos Federales.

Los fundamentos jurídicos aplicables para el control del crecimiento urbano aplicables a nivel de la Legislación Federal son;

- a) *Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente;*

Derogando a la anterior inició su vigencia al publicarse en el DOF 30-08-2011, los artículos y fracciones aplicables al crecimiento irregular en Xochimilco deberían ser;

Cap.1 Art. 3 Fracción XI, referente al Desarrollo Sustentable.

Cap.1 Art. 3 Fracción XV, referente al Desequilibrio Ecológico.

Cap.1 Art. 3 Fracción XX, referente al Impacto Ambiental.

Cap.1 Art. 3 Fracción XXI, referente a la Manifestación de Impacto Ambiental.

Cap.1 Art. 3 Fracción XXXIV, referente al Ordenamiento Ecológico.

Cap.1 Art. 3 Fracción XXXVIII, referente a la Zonificación.

Cap.1 Art. 9 Corresponsabilidad del Gobierno del Distrito Federal, todas las fracciones.

Cap.1 Art. 17 Planeación del Desarrollo, todas las fracciones.

Cap.1 Art. 19, Sección II, Ordenamiento Ecológico del Territorio.

Cap.1 Art. 19, Sección III Regulación Ambiental de los Asentamientos Humanos, fracción II Usos del Suelo.

Cap.1 Art. 19, Sección III Fracción III Regulación Ambiental de los Asentamientos Humanos, Usos del Suelo.

Cap.1 Art. 19, Sección III Regulación Ambiental de los Asentamientos Humanos, Evaluación del Impacto Ambiental.

Cap.1 Art. 19, Sección III Regulación Ambiental de los Asentamientos Humanos de la Manifestación del Impacto Ambiental.

Cap.1 Art. 19, Sección III Art. VII Cambios en los Usos del Suelo.

Cap.1 Art. 19, Sección VII Auditorías Ambientales.

b) Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente;

Derogando a la anterior inició su vigencia al publicarse en el DOF 28-08-2010, los artículos y fracciones aplicables al crecimiento irregular en Xochimilco deberían ser;

Cap.6 Art. 12 Cuencas Hidrológicas.

Cap.6 Art. 37 Fracción XI se refiere a las consideraciones necesarias para solicitar la creación de un Área Natural Protegida, Importancia de los Servicios Ambientales Generados.

Cap. 6 Art 59 Fracción II a la Utilización de los Sistemas de Información Geográfica.

Cap. 6 Art. 166 Solicitud del auxilio de la Fuerza Pública.

c) Ley General de Asentamientos Humanos;

Texto vigente publicado en el DOF 30-11-2010, su instrumentación permitiría contener los desarrollos irregulares en la demarcación de Xochimilco.

Cap. 1 Art. 1, determina la concurrencia entre las entidades de gobierno:

Cap. 2 Art. VI, Crecimiento; la acción tendiente a ordenar y regular la expansión física de los centros de población.

Cap. 2 Art. VIII, Desarrollo Urbano, el proceso de planeación y regulación de la fundación, conservación, mejoramiento y crecimiento de los asentamientos humanos.

Cap.2 Art. XIX, Usos, son los fines particulares a los que podrán dedicarse determinadas zonas o predios de un centro de población.

Art. 3 El ordenamiento territorial de los Asentamientos Humanos.

Cap. 3 Art. V, El desarrollo sustentable de las regiones del país.

Cap. 3 Art. XVI, La regulación del mercado de tierras.

Cap. 4 Art. 1, Considera de interés público y de beneficio social la determinación de provisiones, reservas, usos y destinos de áreas y predios de los centros de población, contenidos en los planes y programas de desarrollo urbano:

Cap. 2. Art.7, corresponde a la federación a través de la Federación las siguientes atribuciones, Proyectar y coordinar la planeación del desarrollo regional con la participación de los gobiernos estatales y municipales.

Cap. 2 Art. III prever a nivel nacional las necesidades de reservas territoriales para el desarrollo con la intervención, en su caso, de la Secretaría de la Reforma Agraria, considerando la disponibilidad de agua determinada por la Secretaría de la Reforma Agraria, considerando la disponibilidad de agua determinada por la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos.

CAP. 2 Art. XI. Imponer medidas de seguridad y sanciones administrativas a los infractores de las disposiciones jurídicas y de los programas estatales de desarrollo urbano, conforme o prevea la legislación local.

Cap. 2 Art. 9 fracción 1, Formular, administrar y aplicar los planes o programas municipales de desarrollo urbano, de centros de población y los demás que de estos deriven, así como evaluar y vigilar su cumplimiento de conformidad con la legislación local.

Cap. 2 Art. X. Expedir las licencias o permisos de usos del suelo, construcción, fraccionamientos, subdivisiones, fusiones, relotificaciones y condominios, de conformidad con las disposiciones jurídicas locales.

Cap.3 Art. 19 Los planes y programas de desarrollo urbano deberán de considerar los criterios generales de regulación ecológica de los asentamientos humanos establecidos en el Art. 23 a 27 de la Ley General del equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente y en las Normas Oficiales Mexicanas en materia ecológica.

Cap. 6 de la Reservas territoriales. Art. 40 Fracción III reducir y abatir los procesos de ocupación irregular de áreas y predios mediante la oferta de tierra que atienda preferentemente las necesidades de los grupos de bajo ingreso.

Cap. 8 del Fomento al Desarrollo Urbano, Art. 51 Fracción 1 de la aplicación de los planes y programas de desarrollo urbano.

Cap. 9 del control del desarrollo, Art 53 no surtirán efecto los actos, convenios y contratos relativos a la propiedad o cualquier otro derecho relacionado con el aprovechamiento de áreas y predios que contravengan esta Ley, la legislación estatal en la materia o licencias que las autoridades expidan.

Art 60 Quienes propicien la ocupación irregular de áreas y predios en los centros de población, se harán acreedores a las sanciones establecidas en las disposiciones jurídicas aplicables.

d) Ley de Aguas Nacionales. En vigor en el DOF 02-12-1992 a la fecha de la publicación d esta tesis.

Cap. X. "Capacidad de Carga": Estimación de la tolerancia de un ecosistema al uso de sus componentes, tal que no rebase su capacidad de recuperación en el corto plazo sin la aplicación de medidas de restauración o recuperación para restablecer el equilibrio ecológico;

Cap. XV. "Consejo de Cuenca": Órganos colegiados de integración mixta, que serán instancia de coordinación y concertación, apoyo, consulta y asesoría, entre "la Comisión", incluyendo el Organismo de Cuenca que corresponda, y las dependencias y entidades de las instancias federal, estatal o municipal, y los representantes de los usuarios de agua y de las organizaciones de la sociedad, de la respectiva cuenca hidrológica o región hidrológica;

XXVIII. "Gestión del Agua": Proceso sustentado en el conjunto de principios, políticas, actos, recursos, instrumentos, normas formales y no formales, bienes, recursos, derechos, atribuciones y responsabilidades, mediante el cual coordinadamente el Estado, los usuarios del agua y las organizaciones de la sociedad, promueven e instrumentan para lograr el desarrollo sustentable en beneficio de los seres humanos y su medio social, económico y ambiental, (1) el control y manejo del agua y las cuencas hidrológicas, incluyendo los acuíferos, por ende su distribución y administración, (2) la regulación de la explotación, uso o aprovechamiento del agua, y (3) la preservación y sustentabilidad de los recursos hídricos en cantidad y calidad, considerando los riesgos ante la ocurrencia de fenómenos hidrometeorológicos extraordinarios y daños a ecosistemas vitales y al medio ambiente. La gestión del agua comprende en su totalidad a la administración gubernamental del agua;

Artículo 5. Para el cumplimiento y aplicación de esta Ley, el Ejecutivo Federal: Título segundo administración del agua Capítulo I disposiciones generales I. Promoverá la coordinación de acciones con los gobiernos de los estados y de los municipios, sin afectar sus facultades en la materia y en el ámbito de sus correspondientes atribuciones. La coordinación de la planeación, realización y administración de las acciones de gestión de los recursos hídricos por cuenca hidrológica o por región hidrológica será a través de los Consejos de Cuenca, en cuyo seno convergen los tres órdenes de gobierno, y participan y asumen compromisos los usuarios, los particulares y las organizaciones de la sociedad, conforme a las disposiciones contenidas en esta Ley y sus reglamentos;

Artículo 7. Se declara de utilidad pública: IV. El restablecimiento del equilibrio hidrológico de las aguas nacionales, superficiales o del subsuelo, incluidas las limitaciones de extracción en zonas reglamentadas, las vedas, las reservas y el cambio en el uso del agua para destinarlo al uso doméstico y al

público urbano; la recarga artificial de acuíferos, así como la disposición de agua al suelo y subsuelo, acorde con la normatividad vigente;

Artículo 7 BIS. Se declara de interés público: V. La atención prioritaria de la problemática hídrica en las localidades, acuíferos, cuencas hidrológicas y regiones hidrológicas con escasez del recurso;

Artículo 12. El Director General de "la Comisión" tendrá las facultades siguientes: VIII. Emitir los actos de autoridad en la materia en su ámbito de competencia;

Artículo 13 BIS 1. Los Consejos de Cuenca se establecerán por cada cuenca hidrológica o grupo de cuencas hidrológicas que determine "la Comisión", lo que constituirá su delimitación territorial.3. Coadyuvar con el Consejo de Cuenca en la vigilancia del cumplimiento del Plan Hídrico de la Cuenca Hidrológica;

Artículo 13 BIS 3. Los Consejos de Cuenca tendrán a su cargo: I. Contribuir a la gestión integrada de los recursos hídricos en la cuenca o cuencas hidrológicas respectivas, contribuir a reestablecer o mantener el equilibrio entre disponibilidad y aprovechamiento de los recursos hídricos, considerando los diversos usos y usuarios, y favorecer el desarrollo sustentable en relación con el agua y su gestión;

Artículo 14 BIS. "La Comisión", conjuntamente con los Gobiernos de los estados, del Distrito Federal y de los municipios, los organismos de cuenca, los consejos de cuenca y el Consejo Consultivo del Agua, promoverá y facilitará la participación de la sociedad en la planeación, toma de decisiones, ejecución, evaluación y vigilancia de la política nacional hídrica. Art. I. Convocará en el ámbito del sistema de Planeación Democrática a las organizaciones locales, regionales o sectoriales de usuarios del agua, ejidos y comunidades, instituciones educativas, organizaciones ciudadanas o no gubernamentales, y personas interesadas, para consultar sus opiniones y propuestas respecto a la planeación, problemas prioritarios y estratégicos del agua y su gestión, así como evaluar las fuentes de abastecimiento, en el ámbito del desarrollo sustentable;

Cap. V bis 3 Artículo 14 BIS 4. Para los fines de esta Ley y sus reglamentos, son atribuciones de "la Procuraduría": I. Formular denuncias y aplicar sanciones que sean de su competencia; II. Sustanciar y resolver los procedimientos y

recursos administrativos de su competencia, en los términos de esta Ley y sus disposiciones reglamentarias;

III. Imponer las medidas técnicas correctivas y de seguridad que sean de su competencia en los términos de esta Ley y la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente;

Artículo 14 BIS 5. Los principios que sustentan la política hídrica nacional son: I. El agua es un bien de dominio público federal, vital, vulnerable y finito, con valor social, económico y ambiental, cuya preservación en cantidad y calidad y sustentabilidad es tarea fundamental del Estado y la Sociedad, así como prioridad y asunto de seguridad nacional;

IV. Los estados, Distrito Federal, municipios, consejos de cuenca, organizaciones de usuarios y de la sociedad, organismos de cuenca y "la Comisión", son elementos básicos en la descentralización de la gestión de los recursos hídricos;

V. La atención de las necesidades de agua provenientes de la sociedad para su bienestar, de la economía para su desarrollo y del ambiente para su equilibrio y conservación; particularmente, la atención especial de dichas necesidades para la población marginada y menos favorecida económicamente;

XXII. El uso doméstico y el uso público urbano tendrán preferencia en relación con cualesquier otro uso.

Artículo 14 BIS 6. Son instrumentos básicos de la política hídrica nacional: I. La planificación hídrica; incluye los ámbitos local, estatal, cuenca hidrológica, región hidrológica-administrativa y nacional;

Artículo 15. La planificación hídrica es de carácter obligatorio para la gestión integrada de los recursos hídricos, la conservación de recursos naturales, ecosistemas vitales y el medio ambiente. La formulación, implantación y evaluación de la planificación y programación hídrica comprenderá: I. El Programa Nacional Hídrico, aprobado por el Ejecutivo Federal, cuya formulación será responsabilidad de "la Comisión", en los términos de esta Ley y de la Ley de Planeación; dicho programa se actualizará y mejorará periódicamente bajo las directrices y prioridades que demanden el bienestar social y el desarrollo económico, sin poner en peligro el equilibrio ecológico y la sustentabilidad de los procesos involucrados;

Art. 15 bis. Los Gobiernos de los estados, del Distrito Federal y de los municipios conforme a su marco normativo, necesidades y prioridades, podrán realizar programas hídricos en su ámbito territorial y coordinarse con el Organismo de Cuenca correspondiente, para su elaboración e instrumentación, en los términos de lo que establece esta Ley, la Ley de Planeación, y otras disposiciones legales aplicables, para contribuir con la descentralización de la gestión de los recursos hídricos.

Título cuarto derechos de explotación, uso o aprovechamiento de aguas nacionales Capítulo I aguas nacionales. Artículo 18. Las aguas nacionales del subsuelo podrán ser libremente alumbradas mediante obras artificiales, salvo cuando por causas de interés o utilidad pública el Titular del Ejecutivo Federal establezca zona reglamentada, de veda o de reserva o bien suspenda o limite provisionalmente el libre alumbramiento mediante Acuerdos de carácter general.

Para el establecimiento de zonas reglamentadas de veda o reserva, el Ejecutivo Federal, a iniciativa de "la Comisión" que se apoyará en las propuestas que elaboren los Organismos de Cuenca, publicará la declaratoria que se expida cuando se comprueben condiciones de sobreexplotación para acuíferos y unidades hidrogeológicas específicas, cuidando de deslindar cuando así se requiera, la aplicación de las disposiciones que se establezcan para acuíferos superiores, en relación con otras unidades hidrogeológicas que contengan acuíferos inferiores, acuíferos y acuitárdeos, existentes en la misma zona geográfica a distintas profundidades, en función de sus zonas de recarga y descarga, estratos geológicos que las contengan, condiciones de flujo y almacenamiento y comportamiento en relación con su uso y aprovechamiento. Para ello, "la Comisión" deberá realizar, por sí o con el apoyo de terceros cuando resulte conveniente, los estudios y evaluaciones suficientes con el objeto de sustentar los deslindamientos referidos y promover el mejor aprovechamiento de las fuentes de aguas del subsuelo.

Artículo 19 BIS. En tratándose de un asunto de seguridad nacional y conforme a lo dispuesto en la Ley Federal de Transparencia y Acceso a la Información Pública Gubernamental, "la Comisión" será responsable, con el concurso de los Organismos de Cuenca y con el apoyo que considere necesario de los gobiernos de los estados, del Distrito Federal y de los municipios, así como de asociaciones de usuarios y de particulares, de realizar periódica, sistemática y prioritariamente los estudios y evaluaciones necesarias para ampliar y

profundizar el conocimiento acerca de la ocurrencia del agua en el ciclo hidrológico, con el propósito de mejorar la información y los análisis sobre los recursos hídricos, su comportamiento, sus fuentes diversas superficiales y del subsuelo, su potencial y limitaciones, así como las formas para su mejor gestión.

Artículo 84. "La Comisión" determinará la operación de la infraestructura hidráulica para el control de avenidas y tomará las medidas necesarias para dar seguimiento a fenómenos climatológicos extremos, promoviendo o realizando las acciones preventivas que se requieran; asimismo, realizará las acciones necesarias que al efecto acuerde su Consejo Técnico para atender las zonas de emergencia hidráulica o afectadas por fenómenos climatológicos extremos, en coordinación con las autoridades competentes.

Para el cumplimiento eficaz y oportuno de lo dispuesto en el presente Artículo, "la Comisión" actuará en lo conducente a través de los Organismos de Cuenca.

Capítulo II responsabilidad por el daño ambiental. Artículo 96 BIS. "La Autoridad del Agua" intervendrá para que se cumpla con la reparación del daño ambiental, incluyendo aquellos daños que comprometan a ecosistemas vitales, debiendo sujetarse en sus actuaciones en términos de Ley.

Artículo 119. "La Autoridad del Agua" sancionará conforme a lo previsto por esta Ley, las siguientes faltas: IV. Ocupar o aprovechar vasos, cauces, canales, zonas federales, zonas de protección y demás bienes a que se refiere el Artículo 113 de esta Ley, sin el título de concesión;

XVII. Ocasionar daños ambientales considerables o que generen desequilibrios, en materia de recursos hídricos de conformidad con las disposiciones en la materia;

Artículo 124 BIS. Toda persona, grupos sociales, organizaciones ciudadanas o no gubernamentales, asociaciones y sociedades, podrán recurrir a la denuncia popular en los términos del Capítulo VII de la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, cuando se cometan actos que produzcan o puedan producir desequilibrios o daños a los recursos hídricos o sus bienes inherentes.

XIII, 2.- Fundamentos jurídicos en las Leyes del Distrito Federal

- a) *Ley de Desarrollo Urbano del Distrito federal vigente desde el 15 de Marzo de 2010.*

Artículo 2. La planeación del desarrollo urbano y el ordenamiento territorial del

Distrito Federal, tienen por objeto mejorar el nivel y calidad de vida de la población

urbana y rural, a través de:

- I. La planeación del funcionamiento ordenado y regular de los servicios públicos y del acceso a los satisfactores económicos, culturales, recreativos y turísticos, que permitan a los habitantes del Distrito Federal ejercer su derecho a una vida segura, productiva y sana;*
- IV. La distribución armónica de la población, el acceso equitativo a la vivienda, servicios, infraestructura y equipamiento, así como la distribución equilibrada de los mismos en el Distrito Federal;*
- VI. Evitar los asentamientos humanos en las áreas de mayor vulnerabilidad, en las áreas riesgosas y en las áreas de conservación;*
- X. La conservación del medio natural, de la flora y fauna silvestres en el territorio del Distrito Federal; la restauración de la salubridad de la atmósfera, del agua, del suelo y el subsuelo; la adecuada interrelación de la naturaleza con los centros de población y la posibilidad de su aprovechamiento y disfrute por los habitantes;*
- XIII. El mejoramiento de las zonas habitacionales deterioradas física o funcionalmente, donde habita población de bajos ingresos; y*
- XIV. La desconcentración de las acciones de la Administración Pública del Distrito Federal, así como la coordinación de las acciones administrativas en el ámbito de la planeación del desarrollo urbano y del territorio. Los programas deberán prever las medidas y acciones para lograr los objetivos anteriores.*

del
y su
del
Artículo 4. La planeación del desarrollo urbano y el ordenamiento territorial del Distrito Federal, estarán determinados por su unidad geográfica, su estructura y su participación en la zona conurbada, en los términos de los artículos 11 y 12 del Estatuto.

las
zona
Artículo 5. En la formulación de los programas de desarrollo urbano y en su ejecución, los órganos de gobierno del Distrito Federal establecerán y definirán las acciones que promuevan, faciliten y ordenen la concurrencia funcional de la zona urbana del Distrito Federal con los municipios conurbados.

Los propios órganos de gobierno podrán participar conjuntamente con los ayuntamientos, gobiernos estatales y federal en la planeación y ejecución de los programas aplicables a las zonas conurbadas.

Artículo 6. La determinación de los usos, reservas y destinos de tierras, aguas y bosques, es inherente a la función social del derecho de propiedad, de acuerdo con lo previsto en el párrafo tercero del artículo 27 Constitucional, con la Ley General de

Asentamientos Humanos y con el Código Civil.

Artículo 8. Son autoridades en materia de desarrollo urbano:

- I. La Asamblea Legislativa del Distrito Federal;
- II. El Jefe de Gobierno del Distrito Federal;
- III. La Secretaría; y

IV. Los Jefes Delegacionales del Distrito Federal.

Ley
Artículo 11. Son atribuciones de la Secretaría, además de las que le confiere la Ley Orgánica, las siguientes:

II.- Realizar los estudios previos y elaborar los proyectos de los programas, así como sus proyectos de modificación;

IV. Revisar los proyectos de los programas delegacionales y de los programas parciales, cuyo ámbito espacial de validez esté comprendido dentro de una sola

*"MODELO PREDICTIVO DEL CRECIMIENTO URBANO, CAMBIOS EN LOS USOS DEL SUELO Y EFECTOS A LA RECARGA NATURAL DEL ACUÍFERO",
Estudio de caso, Xochimilco D.F.*

delegación, así como sus proyectos de modificación, que le remitan las instancias de representación vecinal que establezca la ley de la materia, para su congruencia con el Programa General;

V. Revisar y adecuar los proyectos de los programas que sean observados total o parcialmente por la Asamblea;

VIII. Realizar los actos administrativos que, en materia de ordenamiento territorial del desarrollo urbano, le delegue el Jefe de Gobierno del Distrito Federal; incluyendo lo relativo a las autorizaciones de los trámites relacionados con la inscripción de vías públicas y derechos públicos de paso, de acuerdo a lo dispuesto en esta Ley, su reglamentación, los programas y el Reglamento de Construcciones del Distrito Federal;

XVIII. Estudiar y proponer nuevos instrumentos de planeación, ejecución, control y fomento del desarrollo urbano y del ordenamiento territorial;

XXII. Aplicar las disposiciones de esta Ley, así como las de los programas, emitiendo para tal efecto dictámenes, circulares, criterios y recomendaciones, los cuales deberán ser de observancia obligatoria;

XXVIII. Expedir los Planos de Zonificación tomando en cuenta las normas ambientales que en materia de contaminación visual emita la Secretaría de Medio Ambiente, en materia de anuncios para determinar las zonas prohibidas y permitidas, así como someterlos a consideración de la Asamblea Legislativa del Distrito Federal;

Artículo 12. Los Jefes Delegacionales del Distrito Federal tienen las siguientes atribuciones:

III. Vigilar el cumplimiento de los programas dentro del ámbito de su delegación;

X. Aplicar las sanciones previstas en esta Ley y sus reglamentos;

XI. Solicitar a la autoridad competente para que determine y ejecute las medidas de seguridad que correspondan;

XII. Informar a la Secretaría sobre las irregularidades, anomalías o violaciones que detecten en ejercicio de las funciones de los directores responsables de obra, corresponsables o peritos, y

TITULO III DE LA PLANEACION DEL DESARROLLO

Capítulo I

De la planeación

Artículo 14. Las políticas, estrategias, objetivos, metas, prioridades, asignación de recursos, calendarios de ejecución, evaluación y revisión de resultados, modos de coordinación, así como las consultas públicas sobre la totalidad de las acciones realizadas por la Administración Pública del Distrito Federal, con motivo de la aplicación de esta Ley, serán establecidos en concordancia con el Sistema Nacional de Planeación Democrática.

Capítulo II

De los Programas

Artículo 16. La planeación del desarrollo urbano y el ordenamiento territorial se concretará a través del Programa General, los programas delegacionales y los programas parciales, que en conjunto constituyen el instrumento rector de la planeación en esta materia y es el sustento territorial para la planeación económica y social para el Distrito Federal.

Las acciones concurrentes de planeación, ordenamiento, uso, destinos y reservas de las zonas rurales se establecerán en concordancia con lo que disponga la ley de la materia.

Capítulo III

IV. El ordenamiento del territorio, en donde se incluirá la clasificación del suelo, así

como los polígonos que delimitan el suelo urbano y el de conservación, las características que identifican las diversas áreas y las normas de ordenación;

Artículo 19. Los programas delegacionales contendrán:

I. Fundamentación y motivación. En la motivación deberán incluirse los antecedentes,

el diagnóstico, el pronóstico; las disposiciones del Programa General que incidan en el ámbito espacial de validez del programa, las relaciones existentes entre el desarrollo de la delegación de que se trate con el desarrollo socioeconómico y el equilibrio ecológico y con las políticas del Sistema de Protección Civil del Distrito Federal; y los razonamientos que justifiquen la elaboración o la modificación del programa delegacional de que se trate;

II. La imagen objetivo;

Capítulo IV

De la aplicación de los programas

Artículo 22. En la aplicación de los programas se observarán las siguientes disposiciones:

III. Todos los actos jurídicos relacionados con la transmisión de propiedad de inmuebles o con su uso y aprovechamiento deberán contener las cláusulas correspondientes a su utilización, de conformidad con los programas. Los fedatarios públicos, en su caso, deberán acompañar al apéndice de las escrituras las certificaciones en que se acredite lo anterior; en el caso de que existan derechos adquiridos en los términos de la fracción siguiente, se deberá acompañar la certificación que lo acredite;

Capítulo VI

De la revisión, modificación o cancelación de los programas

Artículo 25.- La revisión de los programas se hará en función de las determinaciones del sistema de información y de evaluación a que se refiere esta Ley. Dicha revisión se realizará por lo menos cada seis años, a partir de su entrada en vigor. En aquellos programas parciales en suelo urbano y/o de conservación, cuya vigencia sea mayor, se podrá revisar su contenido una vez que haya transcurrido el plazo señalado en este.

TITULO IV

DEL ORDENAMIENTO TERRITORIAL

Artículo 29.- El ordenamiento territorial, comprende el conjunto de las disposiciones

que tienen por objeto establecer la relación entre la distribución de los usos, destinos y reservas del suelo del Distrito Federal con los asentamiento

humanos, las actividades y derechos de sus habitantes, la zonificación y las normas de ordenación, así como la reglamentación en materia de construcciones de imagen y paisaje urbano, de equipamiento urbano, de impacto urbano o urbano-ambiental y de anuncios.

Capítulo I

Clasificación del suelo y zonificación

Artículo 30. El territorio del Distrito Federal se clasificará en el Programa General en:

II. Suelo de conservación: comprende el que lo amerite por su ubicación, extensión,

vulnerabilidad y calidad; el que tenga impacto en el medio ambiente y en el ordenamiento territorial; los promontorios, los cerros, las zonas de recarga natural de acuífero; las colinas, elevaciones y depresiones orográficas que constituyan elementos naturales del territorio de la ciudad y aquel cuyo subsuelo se haya visto afectado por fenómenos naturales o por explotaciones o aprovechamientos de cualquier género, que representen peligros permanentes o accidentales para el establecimiento de los asentamientos humanos. Así mismo, comprende el suelo destinado a la producción agropecuaria, piscícola, forestal, agroindustrial y turística y los poblados rurales.

Artículo 31. Tanto en el suelo urbano como en el de conservación, el Programa General delimitará áreas de actuación y determinará objetivos y políticas específicos

para cada una de ellas. Dentro de dichas áreas podrán establecerse polígonos de

actuación, ajustándose a los programas delegacionales y parciales.

c) Áreas de producción rural y agroindustrial: las destinadas a la producción agropecuaria, piscícola, turística forestal y agroindustrial. La ley de la materia determinará las concurrencias y las características de dicha producción.

Estas áreas podrán ser emisoras para transferencias de potencialidades de desarrollo,

en beneficio de las mismas, en los términos que definan los programas y el artículo 51 de esta Ley.

Capítulo V

De la transferencia de potencialidad de desarrollo urbano

Artículo 50. El sistema de transferencia de potencialidades de desarrollo urbano será aplicable en todo el territorio del Distrito Federal, de acuerdo a las disposiciones de los programas, como instrumento de fomento para el cumplimiento de las políticas y estrategias contenidas en los mismos. El objeto del Sistema será lograr el máximo aprovechamiento de los bienes y servicios de la ciudad para generar recursos que sean destinados al mejoramiento, rescate y protección de las áreas de conservación patrimonial, principalmente del centro histórico, así como de áreas de actuación en suelo de conservación. En el caso del suelo urbano, se utilizarán los derechos de excedentes potenciales en intensidad de construcción de un predio a otro, prevista por el programa aplicable. En el caso del suelo de conservación, se calcularán los valores ambientales del predio emisor por la autoridad competente, para aplicar en el predio receptor los recursos que resulten de la potencialidad ambiental transferible.

Para tales fines, los programas definirán las normas de ordenación para la aplicación de las transferencias de potencialidades de desarrollo urbano, con base en las características establecidas por los coeficientes de utilización y ocupación del suelo, de acuerdo a lo cual los propietarios de predios e inmuebles podrán transmitir los derechos excedentes o totales de intensidad de construcción, no edificados, que correspondan al predio o inmueble de su propiedad, en favor de un tercero. Tratándose de suelo de conservación, la Secretaría del Medio Ambiente propondrá los valores ambientales potenciales que puedan ser transferibles en dicho suelo como áreas emisoras.

Artículo 51. Las operaciones de transferencia de potencialidades de desarrollo urbano se sujetarán a las siguientes modalidades:

I. Las áreas emisoras y receptoras de transferencia, serán las que definan los Programas Delegacionales y Parciales de Desarrollo Urbano. Las áreas de conservación patrimonial y de actuación en el Suelo de Conservación, serán exclusivamente áreas emisoras de potencialidad de desarrollo, con el propósito de rehabilitarlas, mejorarlas y conservarlas; y

Capítulo VII

Del control del desarrollo urbano y el ordenamiento territorial

Artículo 60.- Quienes pretendan llevar a cabo una obra, instalación o aprovechamiento urbano, público o privado, deberán presentar previamente a

la

solicitud de las licencias, autorizaciones o manifestaciones que correspondan en los

términos de esta Ley y su reglamentación, el estudio de impacto urbano o urbanoambiental, en los siguientes casos:

II. Cuando su ejecución genere afectaciones en otras áreas o zonas del Distrito Federal;

TITULO V

De la ejecución de los programas

Capítulo I

De la ejecución

Artículo 62. La ejecución de los programas está a cargo de las autoridades correspondientes.

TITULO IX

DE LAS SANCIONES Y PROCEDIMIENTOS

Capítulo I

De las Sanciones

Artículo 94.- La violación a esta Ley, a sus Reglamentos, a los Programas, normas

técnicas o a cualquier otra disposición aplicable se considera infracción e implica la

aplicación de sanciones administrativas, independientemente de las de carácter penal, así como la obligación civil de indemnizar, cuando proceda.

En el caso de las violaciones cometidas por los servidores públicos, se aplicarán las

disposiciones que regulen la responsabilidad de los mismos.

Al aplicarse las sanciones, se tomará en cuenta la capacidad económica del infractor, la gravedad de la infracción, las circunstancias particulares del caso y la reincidencia

cuando una persona hubiera sido sancionada por contravenir una disposición de esta Ley y cometiera nuevamente alguna infracción a la misma.

La reincidencia se sancionará con la imposición del doble de la multa que corresponda a la infracción cometida.

El plazo de prescripción de las sanciones será de un año y empezará a computarse

desde el día en que la autoridad tenga conocimiento de la comisión de la infracción.

Capítulo III

De la acción pública

Artículo 100. Quienes resulten afectados, en los términos de la Ley de Procedimiento Administrativo del Distrito Federal, pueden ejercitar acción pública ante las autoridades competentes de la Administración Pública, cuando se estén llevando a cabo construcciones, cambios de usos o destino del suelo u otros aprovechamientos de inmuebles que contravengan lo establecido en esta Ley, en su reglamento y en los programas.

Cuando la autoridad ante la que se ejercite la acción pública se declare incompetente, deberá turnar el escrito mediante el cual ésta se ejercite a la autoridad que considere competente.

Para dar curso a dicha acción pública, bastará que se presente por escrito y

que se

indiquen los hechos, las presuntas infracciones cometidas, los datos necesarios que

permitan localizar a los presuntos infractores, en caso de que se conozcan por quien ejercite la acción, el nombre y domicilio del denunciante, así como las pruebas en que se funde.

Las autoridades competentes de la Administración Pública del Distrito Federal efectuarán las inspecciones y diligencias necesarias para la comprobación de

los

hechos denunciados, oirán previamente a los interesados y en su caso a los afectados, realizarán la evaluación correspondiente y tomará las medidas procedentes.

En todo caso las autoridades competentes de la Administración Pública del Distrito

Federal, dentro de los 30 días naturales siguientes a la presentación de la acción

pública, deberán resolver lo conducente.

b),- Reglamento de la Ley de Desarrollo Urbano del Distrito Federal.

TÍTULO PRIMERO

DISPOSICIONES GENERALES

CAPÍTULO ÚNICO

Artículo 1. El presente ordenamiento tiene por objeto, regular la planeación y programación en materia de ordenamiento territorial y el desarrollo urbano en el Distrito Federal.

Artículo 2. En ejercicio de sus atribuciones, la Secretaría determinará, formulará, coordinará y ejecutará las acciones necesarias en materia de desarrollo urbano y ordenamiento territorial en el Distrito Federal.

Artículo 3. Los aspectos técnicos a que se refiere el presente ordenamiento, se determinarán en el Manual de Procedimientos Administrativos de la Secretaría, el Manual de Trámites y Servicios al Público, las Reglas de Operación y Lineamientos Técnicos que al efecto se emitan; el objeto de los mismos será precisar procedimientos, requisitos y términos, así como aquellas disposiciones de índole técnica que contribuyan a mejorar el desarrollo urbano:

Artículo 4. Además de las definiciones establecidas en la Ley de Desarrollo Urbano del Distrito Federal, para los efectos de este reglamento se entiende por:

I. Administración: Conjunto de Dependencias, Órganos Político-Administrativos en cada demarcación territorial, Órganos Desconcentrados y Entidades Paraestatales que componen la Administración Pública Centralizada, Desconcentrada y Paraestatal del Distrito Federal;

XII. Espacio público: Ámbito que permite la libre y adecuada circulación vehicular y peatonal, así como la recreación y reunión de los habitantes, delimitado por edificaciones o por elementos naturales;

XX. Lineamientos Técnicos: Conjunto de reglas de carácter obligatorio en las que se establecen los datos, requisitos y/o las instrucciones que deben observarse en los procedimientos establecidos en la Ley y este Reglamento;

Artículo 7. Los proyectos de los Programas General y Delegacionales, deben acompañarse de la información gráfica y documental que señalan los artículos 18 y 19 de la Ley, así como lo que establezcan los Lineamientos Técnicos correspondientes. Los proyectos de los Programas Parciales deben acompañarse, además, de la información gráfica y documental siguiente:

I. El plano que contenga las especificaciones de los Programas Delegacionales y Parciales vigentes aplicables a la zona que se pretende regular mediante el proyecto del Programa Parcial, relacionando la evaluación de los ordenamientos y normativa vigente en el texto del documento.

- II. El uso actual del suelo que contenga los usos reales de la zona de estudio, precisando los baldíos que se encuentran en la zona, así como el equipamiento existente.
- III. El plano de diagnóstico integrado, que contenga la información que muestre el estado actual de la zona correspondiente al Programa Parcial, así como la identificación de la problemática urbana a resolver con el proyecto que se proponga, indicando también las tendencias al crecimiento o decrecimiento urbano, los cambios urbanos manifestados desde que se aprobó el Programa Parcial vigente a la fecha en que se proponga el proyecto del mismo, las zonas subutilizadas y las zonas deterioradas, así como la situación que guarde el equipamiento;
- IV. Los alineamientos y derechos de vía que indicarán las restricciones, en los planos correspondientes para la zona de aplicación del Programa;
- V. Los planos de la estructura urbana propuesta que contengan como mínimo:
 - a) Estructura vial;
 - b) Los elementos estructuradores de la zona, como centros de barrio, subcentros urbanos, corredores comerciales y equipamientos que se encuentren dentro de la zona de estudio.
- VI. El plano de zonificación y la expresión territorial de las normas de ordenación;
- VII. El plano con los proyectos urbanos específicos a incluir en los Programas Parciales;
- VIII. La tabla de usos del suelo en la que se especifique los usos permitidos y prohibidos para las diversas zonas; y
- IX. Los demás que establezcan los Lineamientos Técnicos correspondientes.

SECCIÓN PRIMERA

DE LA TRAMITACIÓN DE LOS PROGRAMAS

Artículo 8. El procedimiento de elaboración, aprobación, publicación e inscripción de los Programas, queda sujeto a lo siguiente:

- I. La Secretaría y, en su caso, la Delegación en coordinación con la primera, elaborarán el proyecto durante el periodo que establezca el aviso de inicio; el cual no debe ser menor de treinta días ni mayor de doscientos cincuenta días hábiles, contados a partir del día siguiente a la publicación del aviso de inicio;
- II. Durante el periodo de elaboración se desarrollarán y determinarán, en coordinación con la Delegación correspondiente, en su caso, el número de talleres de Participación Ciudadana, que se realizarán conforme a los

lineamientos establecidos por la Secretaría en los Lineamientos Técnicos respectivos;

III. Durante el periodo de elaboración, la Secretaría se coordinará con las dependencias de la Administración Pública, para establecer la congruencia entre los programas sectoriales de ésta y el proyecto de que se trate; así como lograr la vinculación de las acciones y obras contempladas en dicho proyecto;

IV. Dentro de los veinte días hábiles posteriores a la terminación del proyecto, la Secretaría publicará por una sola vez en la Gaceta y en un diario de mayor circulación en el Distrito Federal, el aviso del inicio de la consulta pública. En el caso de los Programas Delegacionales o Parciales en una misma Delegación, ésta debe garantizar el espacio y apoyo logístico para su realización;

V. La consulta pública se llevará a cabo en el plazo que se determine en el aviso de inicio de la misma, que no será menor de treinta días ni mayor de sesenta días y se sujetará al siguiente procedimiento:

a) Las audiencias públicas se realizarán en el lugar que se indique en el aviso de inicio de la consulta pública. En los Programas Delegacionales y Parciales que se circunscriban a una demarcación, podrán realizarse dentro del territorio de aplicación del programa o en las instalaciones de la Delegación correspondiente;

b) Durante el periodo de la consulta pública, los interesados podrán conocer el proyecto del Programa y presentar por escrito las observaciones que consideren pertinentes;

c) En las audiencias públicas, la Secretaría y, en su caso, de manera conjunta con la Delegación, expondrá el proyecto del Programa, su modificación o cancelación; se escucharán las opiniones de los asistentes a la audiencia, las cuales quedarán asentadas por escrito;

d) Tratándose de Programas Delegacionales o Parciales, la Secretaría turnará a través de la Delegación correspondiente, a la instancia de representación vecinal, el aviso de inicio de la consulta pública con el objeto de que formule sus opiniones por escrito y las haga llegar al lugar señalado en el aviso respectivo, en el periodo establecido para el efecto, de no hacerlo en el plazo otorgado se entenderá favorable;

VI. En el plazo de sesenta días hábiles contados a partir del día siguiente a la fecha en que termine la consulta pública, la Secretaría y, en su caso, en coordinación con la Delegación, incorporarán al proyecto las observaciones que consideren procedentes;

VII. En el mismo plazo la Secretaría elaborará el dictamen de las observaciones que se consideren improcedentes, el cual estará a consulta de los interesados en las instalaciones de la Secretaría;

VIII. La Secretaría remitirá el proyecto del Programa y antecedentes al Jefe de Gobierno en un plazo de quince días hábiles, contados a partir del día siguiente a aquél en que se concluya la etapa a que se refiere la fracción anterior;

IX. De no existir observaciones, el Jefe de Gobierno lo remitirá a la Asamblea; en caso contrario regresará el proyecto a la Secretaría para que realice los ajustes procedentes, debiendo devolverlo en un plazo que no excederá de treinta días hábiles, para ser remitido a la Asamblea;

X. Si el Jefe de Gobierno recibe de la Asamblea observaciones, se harán las modificaciones pertinentes;

XI. Aprobado el proyecto por la Asamblea, y una vez devuelto al Jefe de Gobierno, éste lo promulgará y publicará en la Gaceta; y

XII. La Secretaría inscribirá el Programa en el Registro en un plazo de treinta días hábiles, contados a partir del día siguiente a aquél en que se publique en la Gaceta; asimismo remitirá un ejemplar de dicha publicación al Registro Público de la Propiedad y del Comercio del Distrito Federal para su inscripción.

La Secretaría podrá prorrogar los plazos a que se refiere este artículo, por una sola vez, por causas de índole técnica, social o de fuerza mayor. Procederá la prórroga a solicitud de la Delegación, en su caso, siempre y cuando justifique su petición. La prórroga se realizará mediante avisos publicados en la Gaceta y en el diario en que se hubiera publicado el inicio del procedimiento de tramitación o revisión del Programa.

SECCIÓN SEGUNDA

DE LA REVISIÓN, MODIFICACIÓN O CANCELACIÓN DE LOS PROGRAMAS

Artículo 9. La revisión de los Programas se hará en función de las determinaciones del sistema de información y evaluación, la cual se realizará por lo menos cada tres años y se sujetará al siguiente procedimiento:

- I. La Secretaría publicará en la Gaceta y en un diario de mayor circulación, el aviso de inicio de la revisión del Programa, determinando el lugar en el que se recibirán las propuestas de los interesados;
- II. El plazo para recibir propuestas, será de sesenta días hábiles contados a partir de la publicación del aviso a que se refiere la fracción anterior; y
- III. Concluida la etapa, la Secretaría determinará si los elementos que dieron base a la formulación del Programa respectivo persisten, o si se debe iniciar el proceso de modificación al mismo y, en su caso, la elaboración de un nuevo Programa.

Los Programas Parciales en suelo urbano y/o suelo de conservación cuya vigencia sea mayor a tres años, podrán revisarse a los tres años, para verificar la congruencia con otros instrumentos y las variaciones económicas, ambientales y sociales que se hubieren producido en el territorio.

Artículo 10. Las solicitudes de modificación de los Programas publicados, propuestas por la Secretaría, se sujetarán al siguiente procedimiento:

- I. La Secretaría elaborará el proyecto, lo enviará al Consejo y en un plazo no mayor a quince días, se convocará a sesión, para que en el pleno se someta a opinión, análisis y asesoría;
- II. La Secretaría solicitará las opiniones que considere pertinentes, las cuales deben ser remitidas en un plazo máximo de quince días, en caso de no hacerlo en el plazo establecido se entenderá por favorable;
- III. La Secretaría incorporará las observaciones formuladas elaborando el proyecto que enviará al Jefe de Gobierno para su aprobación y envío; en caso de haber observaciones, la Secretaría hará los ajustes pertinentes;
- IV. Remitida la iniciativa aprobada por la Asamblea, se publicará en la Gaceta. La Secretaría inscribirá la modificación decretada en el Registro y solicitará su inscripción en el Registro Público de la Propiedad y del Comercio del Distrito Federal.

Artículo 11. Las solicitudes de modificación de los Programas publicados, que hagan la Asamblea, entidades de la Administración Pública Federal o del Distrito Federal o las instancias de representación vecinal, deben presentarse a la Secretaría. Su tramitación se ajustará a lo previsto por el artículo 8 del presente ordenamiento.

Artículo 12. Las solicitudes de modificación propuestas por particulares, deben sujetarse al siguiente procedimiento:

- I. Se presentará el formato debidamente requisitado ante la Delegación correspondiente;

- II. La Delegación emitirá su opinión y solicitará la relativa a la instancia de representación vecinal correspondiente, quien deberá enviarla en un plazo que no deberá exceder de quince días, de no hacerlo, se entenderá favorable. A partir de la recepción de la opinión de la instancia de representación vecinal, la Delegación contará con tres días para remitir el expediente a la Secretaría;
- III. Recibido el expediente, la Secretaría dictaminará la procedencia o improcedencia de la modificación.
- IV. En caso de que el dictamen sea favorable, la Secretaría elaborará el proyecto que corresponda y podrá solicitar opinión a las dependencias de la Administración que considere necesarias.
- V. La Secretaría elaborará el proyecto de modificación, tomando en cuenta las observaciones que considere procedentes y enviará un proyecto de decreto al Jefe de Gobierno, observando el procedimiento señalado en las fracciones VIII y subsecuentes del artículo 8 de este ordenamiento.
- VI. Si el dictamen que emita la Secretaría resultara improcedente, devolverá la solicitud a la Delegación que corresponda, con la documentación necesaria, a fin de que ésta notifique al interesado.

SECCIÓN TERCERA

DE LAS MODIFICACIONES A LOS PROGRAMAS EN CASOS DE INTERÉS GENERAL

- IV. Vigilar el cumplimiento de las normas y criterios que regulan la expedición de los certificados de zonificación y acreditación de uso de suelo por derechos adquiridos;
- V. Integrar, con el apoyo de las Delegaciones, un registro estadístico de información de uso de suelo por colonia, zonas y Delegación, debiendo incluirlo en el sistema de información y evaluación de la Secretaría; e
- VI. Inscribir los proyectos de diseño urbano y normas de ordenación particular que, en su caso, establezcan los Programas Delegacionales y Parciales de desarrollo urbano.

Artículo 20. El Registro estará a cargo de un titular y contará con registradores y certificadores. Estos serán seleccionados mediante los criterios que establezca la Secretaría en los Lineamientos Técnicos. Su nombramiento se publicará en la Gaceta dentro de los siguientes quince días de su designación.

Artículo 21. El Registrador tiene a su cargo:

- I. Inscribir en el Registro los actos que ordenen la Ley o este Reglamento y autorizar con su firma y sello las inscripciones y/o anotaciones que realicen, conforme a los Lineamientos Técnicos correspondientes; y

II. Emitir los certificados de zonificación de uso específico, de usos de suelo permitidos, único de zonificación de uso de suelo específico y factibilidades y certificados de acreditación de usos del suelo por derechos adquiridos.

Artículo 22. Certificador es el encargado de la aplicación de la normativa vigente y emisión de los certificados de zonificación de usos del suelo permitidos y para uso específico.

Artículo 23. Las solicitudes de los certificados de acreditación de uso del suelo por derechos adquiridos y de certificados únicos de zonificación de uso del suelo específico y factibilidades deben presentarse en la Ventanilla Única del Registro.

Las solicitudes de certificados de zonificación de usos del suelo permitidos y certificados de zonificación para uso específico, también podrán presentarse en las Ventanillas Únicas Delegacionales; una vez recibidas deben turnarlas al Registro para su debida atención.

El Registro, una vez recibidas las solicitudes, debe emitir las resoluciones respectivas.

Los notarios podrán presentar las solicitudes de certificados de zonificación de usos del suelo permitidos y certificados de zonificación para uso específico en la Ventanilla del Registro.

Artículo 24. El Registro es público, por lo que debe proporcionar a todo interesado, los servicios de consulta de la documentación que obra en sus acervos registrales.

SECCIÓN SEGUNDA

DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN Y EVALUACIÓN

Artículo 25. La Secretaría establecerá el sistema de información y evaluación que compilará y sistematizará la información sobre la planeación del desarrollo urbano y el ordenamiento territorial del Distrito Federal.

La revisión de los Programas se hará en función de las determinaciones del sistema de información y evaluación, cuyos resultados indicarán si el Programa se modifica o se cancela, iniciándose el procedimiento señalado en la Ley.

Artículo 26. La Secretaría emitirá criterios de carácter general, a fin de dar unidad a los procesos de producción de información, así como también a las características y modalidades de presentación de la misma.

Artículo 27. El sistema de información y evaluación del desarrollo urbano, permitirá a la Secretaría evaluar la aplicación de los Programas: General, Delegacionales y Parciales de Desarrollo Urbano. Dicho sistema contará por lo menos con dos subsistemas. El área correspondiente de la Secretaría será la responsable de generar y suministrar la información al sistema trimestralmente.

Artículo 28. El subsistema de información tendrá como funciones básicas:

- I. El acopio y la sistematización de la información relativa al desarrollo urbano y materias afines;
- II. La coordinación con otras áreas, entidades y dependencias de diferentes niveles gubernamentales, con el fin de intercambiar información sobre desarrollo urbano y ordenamiento territorial, así como para el intercambio de información sectorial, en su caso; y
- III. El resguardo, control y la supervisión del programa de cómputo utilizado por la Secretaría.

Artículo 29. El subsistema de evaluación tendrá como funciones básicas:

- I. Evaluar el cumplimiento de los objetivos y políticas de desarrollo urbano, señalados en los Programas;
- II. Desarrollar y difundir estudios, diagnósticos y propuestas;
- III. Tratándose de modificaciones a los Programas, llevar el registro de las solicitudes presentadas, así como de aquellas que hubieran sido aprobadas y negadas, con el objeto de revisar las áreas sujetas a variaciones económicas, ambientales y sociales que justifiquen la elaboración de Programas Parciales o cambio de zonificación, procediendo, en su caso, a la propuesta de elaboración del proyecto de modificación por parte de la Secretaría.

SECCIÓN TERCERA

DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

Artículo 30. El Sistema de Información Geográfica es un instrumento de ejecución que permitirá la regulación, fomento y modernización de la

planeación urbana, al sistematizar la información por predio, la zonificación y las disposiciones normativas, así como las restricciones señaladas en los Programas de desarrollo urbano y demás disposiciones aplicables. Se integra a partir de una base cartográfica única, de acuerdo a la información proporcionada por la Secretaría de Finanzas.

La base del Sistema soportará las capas de información referente a la zonificación, sitios patrimoniales, restricciones, afectaciones, riesgos y limitaciones al uso y aprovechamiento de los predios, así como la factibilidad de dotación de infraestructura, vialidad y condicionantes del medio ambiente, entre otros.

Artículo 31. El Sistema podrá ser consultado a través de los módulos que la Secretaría disponga para ello, en las Delegaciones y en visualizador vía Internet, permitiendo al usuario consultar la base de datos para conocer la zonificación, las normas aplicables y los usos del suelo correspondientes a la Delegación o Colonia de que se trate.

Artículo 32. El Sistema formará parte del proceso de simplificación administrativa de la Secretaría, mediante el cual el interesado llevará a cabo la consulta de las condicionantes del predio de su interés. La información que arroje el Sistema le permitirá realizar los trámites constructivos ágilmente, de manera que pueda contar con la manifestación de construcción correspondiente, dependiendo de los metros cuadrados y naturaleza del proyecto.

La información que el interesado obtenga del Sistema le permitirá conocer, asimismo, si el predio se encuentra en zonas de riesgo, patrimoniales o inmuebles catalogados o requiere delimitación de zonas, para lo cual debe acudir a las dependencias correspondientes, con el fin de realizar los trámites que indique el Sistema.

Artículo 33. El Sistema podrá ser consultado gratuitamente y se podrá imprimir la información desde cualquier equipo conectado a la red. En caso de que el usuario requiera contar con el Certificado que emite la Secretaría a través del Sistema, debe efectuar previamente su pago, conforme a lo estipulado en el Código Financiero del Distrito Federal.

Artículo 34. El documento que emita el Sistema con carácter informativo carecerá de validez jurídica. Para ejercer el derecho consignado en el Certificado emitido por el Sistema se debe hacer el pago correspondiente.

TÍTULO TERCERO

DEL ORDENAMIENTO TERRITORIAL

CAPÍTULO I

DE LA ZONIFICACIÓN

Artículo 35. El Programa General de Desarrollo Urbano determina la clasificación del suelo en el territorio del Distrito Federal y la zonificación primaria como suelo urbano y suelo de conservación. Igualmente, describe la línea de conservación ecológica y precisa las áreas de actuación a que se refiere la Ley.

Los Programas Delegacionales y Parciales establecen la zonificación dentro de su ámbito territorial, precisando las normas de ordenación generales, particulares por vialidades, por colonia o, en su caso, por predio.

Artículo 36. Cuando los Programas establezcan diversas normas de zonificación y ordenación sobre un mismo inmueble y éstas sean contradictorias, se aplicará la norma más específica, conforme a los siguientes criterios de prelación:

- I. Normas particulares por predio;*
- II. Normas particulares por colonia;*
- III. Normas particulares por Delegación;*
- IV. Normas particulares por vialidad;*
- V. Normas que determine la zonificación por áreas homogéneas.*

Cuando los Programas establezcan para un mismo inmueble una o más normas de ordenación por vialidad, será optativo para el propietario o poseedor del mismo elegir cualquiera de ellas.

Artículo 37. En el caso de que los Programas Delegacionales y Parciales contengan criterios de aplicación diferentes a los señalados por este reglamento, se estará a lo dispuesto en el Programa General de Desarrollo Urbano.

Artículo 38. Cuando los Programas Delegacionales o Parciales consideren para una zona o predio la aplicación de convenios debidamente inscritos en el

Registro, se estará a lo que estos señalen en materia de usos del suelo y ordenamiento territorial.

Si las disposiciones a que se refiere el párrafo anterior resultaran ser generales, incompletas o imprecisas, la Secretaría, a solicitud del interesado, determinará el uso del suelo, número de niveles, porcentaje de área libre y, en su caso, área mínima por vivienda permitidos, para lo cual emitirá dictamen, considerando tanto lo dispuesto por el convenio como las disposiciones vigentes en materia de desarrollo urbano en el momento en que se autorizó el fraccionamiento. En caso de que no las hubiera, la Secretaría determinará de oficio, sin contravenir los objetivos y estrategias de los Programas y respetando los derechos legítimamente adquiridos por el propietario o poseedor de que se trate.

Artículo 39. La delimitación de las zonas marcadas en los planos de los Programas Delegacionales y Parciales, debe ajustarse a los siguientes criterios:

- I. Los límites del territorio del Distrito Federal o de sus Delegaciones;
- II. El alineamiento de los inmuebles frente a las vías públicas, brechas o veredas;
- III. El eje de las manzanas, siguiendo los linderos internos de los predios que las integran;
- IV. El eje de vía troncal, en las líneas del ferrocarril;
- V. Los linderos de la zona federal en los ríos, arroyos, canales, lagunas y otros cuerpos de agua representados en los planos, de acuerdo con la Ley de Aguas Nacionales y sus Reglamentos;
- VI. Los linderos de las barrancas; y
- VII. Los límites de un inmueble.

Cuando no puedan determinarse los límites de la zona o cuando el predio se ubique en dos o más zonificaciones en los Programas, a solicitud del interesado, la Secretaría emitirá un dictamen de delimitación de zona que se

turnará al Registro para su inscripción para efectos de la expedición del certificado correspondiente.

Artículo 40. En caso de existir una diferencia en la zonificación con la cual los Programas de desarrollo urbano determinan un predio en particular, previa acreditación del interés jurídico del propietario o del poseedor, así como de la documentación que convalide el dicho del interesado, la Secretaría podrá iniciar un dictamen de aclaración, recabando la opinión de la Delegación correspondiente y demás dependencias involucradas. Dicho recurso no podrá ser aplicado a zonificaciones en suelo de conservación.

CAPÍTULO II

DE LA VÍA PÚBLICA Y LA INFRAESTRUCTURA URBANA

SECCIÓN ÚNICA

DE LA INSCRIPCIÓN, MODIFICACIÓN Y CANCELACIÓN DE LOS PROYECTOS DE VÍA PÚBLICA

Artículo 41. La Secretaría, en coordinación con la Secretaría de Transportes y Vialidad, determinará el proyecto de la red de vía pública que se traduce en la estructura vial, así como los alineamientos, derechos de vía, restricciones y afectaciones aplicables a los predios e inmuebles del Distrito Federal. También podrá realizar modificaciones o cancelaciones en los planos oficiales de alineamientos y derechos de vía consignados en la Ley.

Los Programas establecerán, mediante la determinación de destinos, las redes de vía pública, derechos de vía, así como restricciones y afectaciones aplicables a los predios e inmuebles en el Distrito Federal, complementarios o adicionales a los establecidos por los planos oficiales de alineamientos y derechos de vía.

La Secretaría de Transportes y Vialidad y las Delegaciones del Distrito Federal deben enviar a la Secretaría una copia de cada proyecto nuevo que se construya o se proyecte construir, con el fin de que quede debidamente inscrito en el registro de los planos de alineamientos y derechos de vía.

Los planos o láminas oficiales de alineamientos y derechos de vía son considerados, para todos los efectos legales a que haya lugar, como parte integrante de la documentación técnica de los Programas.

Artículo 42. Los planos o láminas oficiales de alineamientos y derechos de vía contendrán las determinaciones oficiales de vía pública, sección vial, proyectos viales a futuro, derechos de vía y restricciones. Deben ser autorizados por la Secretaría y constituyen la base para otorgar la constancia de alineamiento y número oficial.

El plano o lámina oficial de alineamiento o derecho de vía es el documento legal que certifica la situación de un predio respecto de las vialidades que lo delimitan.

La lotificación señalada en dichos planos o láminas será únicamente indicativa y no prejuzgará sobre la forma y superficie de los mismos.

Artículo 43. Las autoridades competentes del Distrito Federal no estarán obligadas a expedir las constancias, certificaciones, permisos, licencias o, bien, a registrar las manifestaciones a que se refiere la Ley, para predios con frente a vía pública o a aquella que se presuma como tal, cuando las vías no estén señaladas oficialmente en los planos o láminas de alineamientos y derechos de vía, ni se indiquen como servidumbre legal de paso.

Artículo 44. La Secretaría podrá autorizar, negar y condicionar la solicitud de inscripción de vialidades, derechos de vía, o cancelar las mismas, para lo cual tomará en consideración las opiniones solicitadas, los objetivos, estrategias y determinaciones de los Programas.

En materia de inscripción de vialidades, derechos de vía y modificación o cancelación de proyectos de vialidad, la opinión de la Secretaría de Transportes y Vialidad será vinculante y obligatoria para la Secretaría.

Para el reconocimiento de la servidumbre legal de paso, ésta debe ser decretada por el órgano jurisdiccional competente. Las áreas destinadas a la libre circulación dentro de los conjuntos condominales se regirán por la normativa aplicable.

Artículo 45. La Secretaría, tomando en cuenta las opiniones de las Dependencias, Órganos Desconcentrados, Delegaciones, Entidades o Unidades Administrativas, podrá condicionar la inscripción o modificación de que se trate, a que el solicitante:

- I. Adquiera los terrenos necesarios para construir los derechos de vía y/o construir las vialidades cuya inscripción solicitó;*
- II. Ejecute las obras relativas a la vialidad requerida, de acuerdo con las especificaciones y características que determine la Secretaría de Transportes y Vialidad del Distrito Federal, en coordinación con la Secretaría;*
- III. Aporte los recursos necesarios para la realización de las obras a ejecutarse relativas al proyecto;*
- IV. Done la superficie de terreno correspondiente a los derechos de vía y a las vialidades, junto con sus obras y equipamientos accesorios, una vez que hubieran sido ejecutados;*
- V. Adquiera los terrenos y/o ejecute las obras relativas al proyecto de vialidad de que se trate en un plazo máximo que se justificará en la resolución;*
- VI. Adquiera los terrenos y/o ejecute las obras de la red de vías públicas, por sí mismo o mediante alguno de los sistemas de actuación a que se refiere la Ley; y/o*
- VII. Garantice por cualquier medio previsto por el Código Civil vigente en el Distrito Federal, el cumplimiento de las obligaciones que le corresponden en los términos de la resolución respectiva.*

CAPÍTULO III

DEL SISTEMA DE TRANSFERENCIA DE POTENCIALIDADES DE DESARROLLO URBANO

Artículo 46. Los Programas de Desarrollo Urbano determinan las áreas susceptibles de aplicación de la transferencia de potencialidad de desarrollo urbano, con base en las características establecidas por los coeficientes de utilización y ocupación del suelo, de conformidad con lo que establezcan los Lineamientos Técnicos correspondientes.

Artículo 47. Para la aplicación del Sistema de Transferencia de Potencialidades de Desarrollo Urbano, las áreas de actuación de conservación patrimonial y en suelo de conservación son exclusivamente áreas emisoras de

potencialidad de desarrollo, con el fin de rehabilitarlas, mejorarlas y conservarlas, salvo en aquellos casos donde los programas parciales contengan disposiciones particulares. En la aplicación del Sistema se debe dar preferencia al potencial proveniente del Centro Histórico y de las Áreas Naturales Protegidas.

Compete a la Secretaría del Medio Ambiente determinar los valores ambientales potenciales que puedan ser transferibles en suelo de conservación como áreas emisoras.

Corresponde a la Secretaría determinar el potencial de desarrollo urbano transferible que permita cumplir con los objetivos de mejoramiento, rescate y protección de dichas áreas, para lo cual deberá emitir resolución que establezca los coeficientes de utilización y ocupación del suelo, así como la intensidad de construcción correspondiente, altura máxima y demás normas urbanas aplicables al predio o inmueble receptor.

Artículo 48. Son considerados predios receptores los que se encuentren en áreas con Potencial de Desarrollo, con Potencial de Reciclamiento, de Integración Metropolitana y donde apliquen las normas de ordenación generales números 10 y/o 12, o los que la Secretaría autorice.

Artículo 49. Las operaciones de transferencia de potencial de desarrollo urbano consisten en:

- I. El incremento de niveles de edificación en el predio receptor, sujetándose siempre a los usos del suelo permitidos por los Programas; y
- II. El aprovechamiento de las áreas libres que se requieren para la realización de un proyecto determinado y que excedan lo permitido en el predio receptor por la normativa que señalan los Programas o, en su caso, por el certificado de acreditación del uso de suelo por derechos adquiridos correspondiente.

Artículo 50. Las limitaciones impuestas por restricciones, derechos de vía, alineamientos o remetimientos de las edificaciones determinadas por los Programas, no pueden ser en ningún caso, receptoras de potencial.

Artículo 51. El Sistema de Transferencia de Potencialidades de Desarrollo Urbano, contará con una reserva.

Artículo 52. La Secretaría determinará el porcentaje de potencial que deba destinarse a acciones que tiendan a rescatar, restituir o restaurar los valores particulares del predio emisor, cuando se encuentre en áreas de conservación patrimonial o en suelo de conservación. Asimismo, determinará el porcentaje que deba destinarse al Fideicomiso del Sistema de Transferencia de Potencialidades de Desarrollo Urbano para que, a través de éste, se realicen obras en beneficio y fomento equilibrado del desarrollo urbano.

SECCIÓN PRIMERA

DEL PADRÓN DE PREDIOS EMISORES DE POTENCIALIDADES DE DESARROLLO URBANO

Artículo 53. Los propietarios de los predios interesados en emitir potencial, deben solicitar a la Secretaría su inscripción en el Padrón de predios emisores de potencial. Los requisitos para inscribirse en dicho Padrón son los siguientes:

I. Formato oficial STP-E debidamente requisitado

II. Identificación oficial del propietario y/o representante legal (copia simple y original para su cotejo).

III. Documento donde se acredite la personalidad, en caso de ser representante legal, (copia simple y original para su cotejo o copia certificada).

IV. Escritura pública de la propiedad, inscrita en el Registro Público de la Propiedad y de Comercio (copia simple y original para su cotejo o copia certificada).

V. Acta Constitutiva, en caso de ser persona moral (copia simple y original para su cotejo o copia certificada).

VI. Certificado de zonificación de Uso de Suelo vigente o, en su caso, Certificado de Acreditación de Derechos Adquiridos y/o oficio de respuesta a la solicitud de Certificado de Zonificación para Uso del Suelo en el que se señale que el uso pretendido no se encuentra especificado en el Programa de Desarrollo Urbano y que debe solicitar su dictamen correspondiente (copia simple y original para su cotejo).

VII. Constancia de Alineamiento y Número Oficial vigente (copia simple y original para su cotejo).

VIII. Reporte fotográfico del predio y de los inmuebles colindantes.

IX. Boleta predial del bimestre que corresponda.

Artículo 54. La solicitud será dictaminada por la Secretaría; de ser procedente, se inscribirá en el Padrón de predios emisores de potencialidades.

A partir de su inscripción en el Padrón, el predio tendrá la calidad de emisor, por lo que podrá ser objeto de operaciones de transferencia de potencialidades. En el caso de que el predio presente un remanente de potencial transferible podrá ser aprovechado para otra operación.

Artículo 55. Cuando el solicitante utilice el potencial transferible de su predio, sin haber obtenido su baja del Padrón, se hará acreedor a la multa que determine la Secretaría de acuerdo a la gravedad del caso, y que podrá ser de hasta de mil veces el salario mínimo general vigente en el Distrito Federal en el momento de la sanción. Asimismo, se procederá a la demolición de la superficie de construcción no autorizada; cuyos gastos de ejecución correrán a cargo del propietario del inmueble.

SECCIÓN SEGUNDA

DEL PROCEDIMIENTO DE RECEPCIÓN DEL POTENCIAL DE DESARROLLO URBANO

Artículo 56. Los interesados en la adquisición de potencial de desarrollo urbano deben solicitarlo por escrito a la Secretaría, presentando el estudio debidamente suscrito por el Perito en Desarrollo Urbano, en el que manifieste que al predio objeto de la solicitud le aplica el Sistema de Transferencia de

Potencialidades de Desarrollo Urbano, así como, sus efectos en el entorno de acuerdo al Programa Delegacional o Parcial de Desarrollo Urbano correspondiente. La recepción de la solicitud no implica su aprobación.

La Secretaría notificará al interesado si es posible la aplicación del sistema en el predio objeto de la solicitud, en un plazo de quince días hábiles y de conformidad con lo establecido en la Ley, el presente reglamento y el Programa Delegacional o Parcial de Desarrollo Urbano correspondiente. Si en el plazo antes señalado el solicitante no obtuviera respuesta se entenderá por denegada la solicitud. En caso de que se determine que no es factible la aplicación del sistema al predio del solicitante, se le notificará de la negativa.

Si resulta procedente la solicitud del interesado, la Secretaría decidirá si la transferencia se lleva a cabo con potencial de la reserva pública, dando prioridad a los predios ubicados en el perímetro "A" del Centro Histórico que señalan los Programas de Desarrollo Urbano, principalmente a los edificios catalogados. En caso de que se decidiera hacerlo con potencial de predios particulares se notificará al propietario del predio emisor.

Artículo 57. Una vez autorizada la operación de transferencia, el propietario del predio receptor debe realizar la cesión onerosa al Fideicomiso, de acuerdo al avalúo emitido por la instancia competente en el Distrito Federal, además del pago de derechos por concepto de inscripción en el Registro, con base en el Código Financiero del Distrito Federal, con lo cual la Secretaría deberá emitir la constancia de derechos de desarrollo.

Artículo 58. Para que la Secretaría inscriba la resolución correspondiente en el Registro y en el Registro Público de la Propiedad y de Comercio del Distrito Federal, el solicitante deberá presentar los recibos de pago emitidos por la Tesorería del Distrito Federal por concepto de derechos de inscripción al Registro y por la cesión onerosa al Fideicomiso.

Una vez inscrita la resolución, el interesado solicitará el certificado de zonificación que ampare la nueva intensidad de construcción permitida en el predio. El potencial transferido no será susceptible de edificarse o aprovecharse, sino hasta que se cuente con el certificado correspondiente.

SECCIÓN CUARTA

DE LA EMISIÓN DEL DICTAMEN DE IMPACTO URBANO O IMPACTO URBANO-AMBIENTAL

Artículo 82. Para la emisión del dictamen, la Secretaría debe considerar:

- I. La información contenida en el estudio de impacto urbano o impacto urbano- ambiental, complementos y anexos presentados, la ingresada por el solicitante, la resultante de la visita de verificación;*
- II. Los Programas de Desarrollo Urbano;*
- III. Normas y ordenamientos;*
- IV. Los derechos adquiridos;*
- V. Las autorizaciones, licencias o permisos emitidos;*
- VI. Las opiniones emitidas por las Dependencias, Órganos Desconcentrados, Delegaciones, Entidades o Unidades Administrativas en su caso;*
- VII. La opinión vecinal que se integró en la consulta pública de los respectivos instrumentos de planeación urbana o ambiental; y*
- VIII. En su caso, los proyectos de alternativas de adecuación o modificación al proyecto original.*

Artículo 83. La Secretaría determinará en la emisión del dictamen:

- I. La procedencia de la inserción de una obra o proyecto en el entorno urbano, para lo cual podrá imponer las medidas de mitigación o compensación necesarias para evitar o minimizar los efectos negativos que pudiera generar, pudiéndose, en su caso, determinar el pago de aprovechamientos de la estructura urbana, conforme al Código Financiero del Distrito Federal; y*
- II. La improcedencia de la inserción de una obra o proyecto en su entorno urbano considerando que:*
 - a) Los efectos no puedan ser minimizados a través de las medidas de mitigación y compensación propuestas y, por consecuencia, se genere afectación al espacio público o a la estructura urbana;*

- b) El riesgo a la población en su salud o sus bienes no pueda ser evitado por las medidas propuestas en el estudio o por la tecnología constructiva y de sus instalaciones;*
- c) Existe falsedad en la información presentada por los solicitantes o desarrolladores; y*
- d) El proyecto altera de forma significativa la estructura urbana.*

El contenido íntegro del dictamen debe ser publicado en un diario de mayor circulación en el Distrito Federal, dentro de los quince días posteriores a su recepción, lo cual se realizará con cargo al particular. El interesado debe ingresar un original de la publicación a la Secretaría para ser integrado al expediente.

Artículo 84. El dictamen tendrá una vigencia de dos años. Si el proyecto no hubiera sido modificado sustancialmente y no hubiera cambiado la situación del entorno urbano de la zona en donde se pretenda ubicar, la Secretaría podrá prorrogar el dictamen hasta por un año más. En caso contrario, el proyecto debe ser nuevamente evaluado por la Secretaría.

El promovente o desarrollador debe solicitar su prórroga por escrito a la Secretaría, dentro de 15 días hábiles, previos a la conclusión de la vigencia del dictamen.

SECCIÓN QUINTA

DE LOS PERITOS EN DESARROLLO URBANO Y DIRECTORES RESPONSABLES DE OBRA

Artículo 85. Los peritos en desarrollo urbano son responsables de:

- I. Los estudios de impacto urbano o impacto urbano-ambiental;*
- II. Los estudios para constituir los polígonos de actuación; y*
- III. Los estudios sobre transferencia de potencialidades de desarrollo urbano.*

Artículo 86. Los directores responsables de obra y corresponsables, en su caso, coadyuvarán en el estudio de impacto urbano o impacto urbano-ambiental y el desarrollo del proyecto, conforme a las obligaciones establecidas en el Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal.

Artículo 87. Los estudios de impacto urbano o impacto urbano-ambiental y los informes preliminares, deben ser suscritos por un perito en desarrollo urbano y un director responsable de obra y/o corresponsables, en su caso, quienes deben contar con el registro vigente ante la Secretaría.

Artículo 88. Para ser perito en desarrollo urbano, el interesado debe acreditar ante la Comisión que integre la Secretaría, los siguientes requisitos:

- I. Contar con cédula profesional de alguna de las siguientes profesiones: arquitecto, ingeniero civil, ingeniero arquitecto, ingeniero constructor militar, diseñador de asentamientos humanos, urbanista, planificador territorial o tener título de maestría o doctorado en urbanismo o planeación urbana;
- II. Demostrar que conoce la normativa en la materia; y
- III. Contar con cinco años en el ejercicio de su profesión.

Artículo 89. La Comisión de Evaluación de Peritos en Desarrollo Urbano y Peritos Responsables de la Explotación de Yacimientos es la instancia que tiene como función evaluar a los aspirantes al registro de perito en desarrollo urbano y perito responsable de la explotación de yacimientos, la cual se integra con los titulares de:

- I. La Secretaría, quien tendrá la Presidencia de la Comisión;
- II. La Dirección General de Administración Urbana de la Secretaría
- III. La Dirección General de Desarrollo Urbano de la Secretaría
- IV. La Dirección de Administración y Proyectos Urbanos de la Secretaría; y
- V. La Dirección de Control de Desarrollo Urbano y Regularización Territorial de la Secretaría.

La operación y funcionamiento de la Comisión se establecerá en las reglas de operación que para tal efecto emita la misma.

Artículo 90. El perito responsable de la elaboración y suscripción del proyecto de estudio de impacto urbano o impacto urbano-ambiental, debe observar lo establecido en la Ley, éste Reglamento, los Programas de Desarrollo Urbano vigentes en el Distrito Federal y demás disposiciones legales y administrativas aplicables. Asimismo, debe declarar bajo protesta de decir verdad, que en dichos documentos, la información contenida es de carácter fidedigno, que se incorporan las mejores técnicas y metodologías existentes, así como las medidas de mitigación y compensación más efectivas para atenuar los impactos urbanos que genere el desarrollo inmobiliario.

Los peritos en desarrollo urbano son responsables de la veracidad de la información contenida en los estudios en que otorguen su responsiva.

Artículo 91. El promovente, poseedor o desarrollador, durante el proceso de evaluación de impacto urbano o urbano-ambiental, puede sustituir al Perito en Desarrollo Urbano y/o al Director Responsable de Obra y/o Corresponsables, para lo cual debe informar por escrito a la Secretaría, explicando los motivos de la sustitución, así como la designación de los nuevos profesionistas que asumirán la responsiva.

Notificado lo anterior, la Secretaría lo asentará en el acta correspondiente, así como el alcance o estado que guarda y la responsabilidad de cada Perito en Desarrollo Urbano y/o Director Responsable de Obra y/o Corresponsables, emitiendo copia de la misma al área correspondiente.

Artículo 92. El Perito en Desarrollo Urbano y/o Director Responsable de Obra y/o Corresponsable podrá retirar su responsiva del estudio de impacto urbano o urbano-ambiental si lo considera pertinente, debiendo expresar los motivos por escrito ante la Secretaría. Para los fines de este artículo, el Perito en Desarrollo Urbano y/o Director Responsable de Obra y/o Corresponsable debe presentarse a ratificar su escrito ante la Secretaría el día y hora que para el efecto se señale. Se asentará en el acta correspondiente el estado que guarde el proceso de evaluación del estudio.

TÍTULO QUINTO
DE LOS CERTIFICADOS Y LICENCIAS

CAPÍTULO I
DE LOS CERTIFICADOS

Artículo 125. Los certificados de zonificación se clasifican en:

I. Certificado de zonificación para usos del suelo permitidos, que es el documento en el que se hacen constar todas las posibles formas de utilización que los programas vigentes disponen en materia de usos del suelo y normas de ordenación para un predio determinado en función de la zonificación correspondiente. La vigencia de este certificado es de dos años contados a partir del día siguiente a su expedición para ejercer el derecho conferido en el mismo y será expedido por el Registro dentro de los cinco días siguientes a la presentación de la solicitud en la Ventanilla del Registro, previo pago de derechos;

II. Certificado único de zonificación de uso del suelo específico y factibilidades, que es el documento integrado con las opiniones técnicas de las unidades administrativas competentes y en el que se hace constar la posibilidad de dotación de agua, servicios de drenaje y desague de agua pluvial, de impacto ambiental, vialidad y uso del suelo, para la construcción de conjuntos habitacionales de hasta doscientas viviendas o diez mil metros cuadrados de construcción para uso habitacional y hasta cinco mil metros cuadrados de construcción para uso comercial, industrial y de servicios, excepto para los proyectos que requieran estudio de impacto urbano o urbano-ambiental, conforme al Sistema de Información Geográfica. La vigencia de este certificado es de un año contado a partir del día siguiente de su expedición. El Registro debe expedir dicho certificado dentro de los treinta días siguientes a la presentación de la solicitud, previo pago de derechos. Asimismo, será emitido a través del Sistema de Información Geográfica, en el tiempo estimado de consulta e impresión, previo pago de derechos.

III. Certificado de zonificación para uso del suelo específico, que es el documento en el que se hace constar si el aprovechamiento solicitado por el usuario es permitido o prohibido, conforme a lo que disponen los Programas vigentes en materia de uso del suelo y normas de ordenación para un predio

determinado, o para aquel predio al que se le hubiera autorizado modificación al Programa Delegacional vigente, cambio de uso del suelo o delimitación de zona. Este certificado tendrá una vigencia de dos años a partir del día siguiente de su expedición para ejercer el derecho conferido en el mismo y será expedido por el Registro dentro de los cinco días siguientes a la presentación de la solicitud, cuando ésta se ingrese en la Ventanilla del Registro, previo pago de derechos;

IV. Certificado de acreditación de uso del suelo por derechos adquiridos, que es el documento que tiene por objeto reconocer los derechos de uso del suelo que, por el aprovechamiento de manera legítima y continua, tienen los propietarios, poseedores o causahabientes de un bien inmueble en su totalidad o en unidades identificables de éste, con anterioridad a la entrada en vigor de los planes o los Programas. La vigencia de este certificado será permanente y se expedirá por el Registro dentro de los veinte días siguientes a la presentación de la solicitud del mismo, previo pago de derechos.

Cuando por así considerarlo conveniente, el Registro solicite opinión de la autoridad competente, de conformidad con la Ley de Procedimiento Administrativo para el Distrito Federal, el plazo para la expedición de los certificados será de veintiún días a partir del día siguiente a la presentación de la solicitud.

Ejercido el derecho conferido en los certificados mencionados, no será necesario obtener una nueva certificación, a menos que se modifique el uso y superficie por uso solicitado del inmueble, o a través de los Programas de Desarrollo Urbano que entren en vigor.

Artículo 126. Los interesados en obtener los certificados previstos en este Reglamento, deben presentar su solicitud debidamente firmada ante la Ventanilla correspondiente.

Las solicitudes para obtener certificados de zonificación para uso de suelo específico, de zonificación para uso del suelo permitidos, y único de zonificación de uso del suelo específico y factibilidades, deben contener:

I. En todos los casos, los datos y documentos siguientes:

*"MODELO PREDICTIVO DEL CRECIMIENTO URBANO, CAMBIOS EN LOS USOS DEL SUELO Y EFECTOS A LA RECARGA NATURAL DEL ACUÍFERO";
Estudio de caso, Xochimilco D.F.*

- a) Nombre, denominación o razón social del o de los solicitantes y, en su caso, del representante legal, señalando su registro federal de contribuyentes, para lo cual se agregarán los documentos que acrediten su personalidad;
- b) Domicilio para oír y recibir notificaciones;
- c) Domicilio del inmueble a que se refiera la solicitud;
- d) Croquis de localización y superficie del predio de que se trate, detallando el nombre de las calles que circundan el predio, así como las medidas y distancias a las esquinas más próximas;
- e) Comprobante de pago de los derechos correspondientes;
- f) Copia de la boleta predial no anterior a 12 meses de la presentación, que indique explícitamente los datos manifestados en la solicitud, y
- g) Copia de una identificación oficial.

En el caso de predios ubicados en suelo de conservación, ejidales o comunales que no cuenten con boleta predial, deben presentarse documentos públicos que acrediten la posesión y/o regularización del predio, así como ubicación y superficie del predio de que se trate.

Para inmuebles que sean propiedad de la Administración, debe presentarse constancia de exención de pago de impuesto predial vigente y documento oficial que ampare la ubicación y superficie del predio.

II. Para certificados de zonificación para uso de suelo específico, de usos de suelo permitidos, y certificado único de zonificación de uso del suelo específico y factibilidades, además, debe presentarse copia de cualquiera de los siguientes documentos debidamente autorizados y sellados que amparen los datos correspondientes al predio de que se trate:

- a) Licencia de Fusión, Subdivisión o Relotificación;
- b) Escritura pública inscrita en el Registro Público de la Propiedad y de Comercio, o

c) Constancia de alineamiento y número oficial vigente.

III. Para certificados de acreditación de uso del suelo por derechos adquiridos, además, se debe presentar documentación oficial que haga constar el aprovechamiento de manera legítima y continua del uso del suelo, respecto del cual se pretende acreditar.

Para demostrar el origen legítimo de su derecho, el solicitante presentará cualquiera de los siguientes documentos que señalen el uso y superficie a acreditar:

a) Licencia de construcción, planos arquitectónicos, manifestación de terminación de obra y autorización de uso y ocupación;

b) Declaración de apertura con sello de recepción de la autoridad Delegacional correspondiente;

c) Licencia de funcionamiento debidamente revalidada;

d) Licencia o constancia de uso del suelo expedidas de conformidad con los planes y programas de desarrollo urbano vigentes al inicio de operaciones;

e) Cédula de micro industria; o

f) Escritura pública que ampare el uso y superficie por acreditar.

Para demostrar la continuidad y aprovechamiento del uso, se debe presentar cualquiera de los siguientes documentos que señalen el uso y domicilio:

a) Formato de inscripción en el Registro Federal de Contribuyentes de la persona física interesada, sociedad mercantil o asociación civil, acompañada de formatos de declaraciones anuales o pagos provisionales de impuestos federales ininterrumpidos, que reflejen los ingresos por la actividad a acreditar o concepto de arrendamiento, con sello de recepción y/o pago de la caja receptora o institución bancaria autorizada;

- b) Contratos de arrendamiento debidamente registrados ante la Tesorería del Distrito Federal;*
- c) Visto Bueno de Prevención de Incendios;*
- d) Visto Bueno de Seguridad y Operación;*
- e) Licencia sanitaria;*
- f) Formatos de liquidaciones de cuotas obrero-patronales del Instituto Mexicano del Seguro Social; o*
- g) Boletas prediales en las que conste el uso por acreditar, expedidas por la Tesorería del Distrito Federal.*

El certificado único de zonificación de uso del suelo específico y factibilidades, podrá obtenerse, además, previo pago de derechos, a través del Sistema de Información Geográfica, en el tiempo estimado de consulta e impresión.

CAPÍTULO II DE LAS LICENCIAS

SECCIÓN SEGUNDA

DE LAS SANCIONES EN MATERIA DE IMPACTO URBANO O IMPACTO URBANO-AMBIENTAL

Artículo 142. En los casos de dictamen de impacto urbano o impacto urbano ambiental, previo a la autorización de ocupación del inmueble, las Delegaciones deben dar aviso a la Secretaría, con el fin de que ésta emita su opinión.

Artículo 143. Si se constata que el estudio de impacto urbano o impacto urbano-ambiental contiene documentos apócrifos e información técnica no

veraz o que el análisis del impacto resulte inexacto, el perito en desarrollo urbano se hará acreedor a las siguientes sanciones:

- I. Cancelación del trámite de evaluación;*
- II. Suspensión temporal del registro;*
- III. Cancelación definitiva del registro;*
- IV. Multa por el equivalente de cien hasta mil días de salario mínimo vigente para el Distrito Federal.*

Artículo 144. En el caso en que el infractor realice las medidas de mitigación impuestas o subsane las irregularidades en que hubiere incurrido previo a la imposición de la sanción, y lo hiciera del conocimiento de la autoridad dentro de un plazo no mayor a treinta días de iniciada la obra, la Secretaría o la Delegación correspondiente, deben considerarlo como atenuante de la infracción cometida.

c) Reglamento de la Ley Ambiental del Distrito Federal.

CAPÍTULO I

DISPOSICIONES GENERALES

Artículo 1º. El presente ordenamiento es de observancia general en el territorio del Distrito Federal y tiene por objeto reglamentar el Título Tercero, Capítulo VII de la Ley Ambiental del Distrito Federal en materia de Autorregulación y Auditorías Ambientales.

Artículo 2º. Para los efectos del presente Reglamento se estará a las definiciones previstas en la Ley Ambiental del Distrito Federal y a las siguientes:

- 1. Administración ambiental. Conjunto sistematizado de acciones que se establecen en los establecimientos auditados para el control, preparación, ejecución, registro y proyección de sus actividades y procesos con el propósito de*

prevenir la contaminación ambiental y proteger y preservar los recursos naturales;

Capítulo III

Concertación Cumplimiento y seguimiento del Programa de Obras y Actividades

Sección 1 I. Programa de Obras y Actividades

Artículo 20. El Programa de obras y actividades que se proponga en el reporte de Auditoría ambiental correspondiente, contemplará el compromiso para aplicar en forma inmediata las medidas preventivas y correctivas para no generar más afectaciones al ambiente, y deberá contener los siguientes elementos:

- 1. La descripción secuencial de las actividades preventivas y correctivas necesarias para dar cumplimiento íntegro a cada deficiencia detectada durante los trabajos de auditoría ambiental, mismas que deberán establecerse de manera objetiva para atender en forma inmediata o en un plazo máximo de ciento veinte días naturales la problemática presentada de acuerdo a su prioridad;*
- 2. La prioridad para la realización de dichas actividades deberá considerar la gravedad de la deficiencia en relación con su afectación directa al ambiente, la salud de la población y los recursos naturales, así como la gravedad del incumplimiento de la legislación y normatividad aplicables detectadas;*
 - 1. Las fechas de inicio y término para cada una de las actividades preventivas y correctivas establecidas;*
 - 2. La inversión estimada requerida para atender y corregir de manera íntegra cada deficiencia; y*
 - 3. Un programa o plan de atención ante emergencias ambientales de la empresa, para controlar, reducir o evitar las situaciones de riesgo y de contaminación ambiental derivada de sus actividades.*

Las actividades preventivas o correctivas que se establezcan en el Programa de obras y actividades deberán incluir aquellas que sean requeridas para conservar y mejorar las condiciones que le permitan mantener o superar el cumplimiento establecido en la legislación y normatividad aplicables.

Artículo 21. Previo a la emisión del dictamen correspondiente respecto de la aprobación del reporte de auditoría, la Secretaría podrá analizar el Programa de obras y actividades y concertar con el establecimiento auditado mediante propuesta sobre las actividades preventivas y correctivas y plazos de cumplimiento que realice el establecimiento auditado, en todo caso, dicha propuesta deberá implicar mayores beneficios a la salud de la población, el medio ambiente y los recursos naturales.

Sección II. Compromiso de cumplimiento del Programa de Obras y Actividades

Artículo 22. En un plazo máximo de treinta días hábiles posteriores a la aprobación del reporte de auditoría ambiental por parte de la Secretaría, el establecimiento auditado deberá, a juicio de esta, suscribir un Convenio de Cumplimiento del Programa de obras y actividades, en el cual se establecerán los términos para su seguimiento y vigilancia o remitir una manifestación unilateral de voluntad en la que se comprometa a dar inicio al Programa de obras y actividades.

Los criterios para que la Secretaría señale uno u otro de los instrumentos referidos en el párrafo anterior, a efecto de dar seguimiento al cumplimiento del Programa de obras y actividades, atenderán a la cantidad y gravedad de las irregularidades expresadas en el reporte correspondiente y de las medidas y plazos propuestos para su solución.

Artículo 23. Con excepción de las medidas de urgente aplicación, la Secretaría podrá otorgar a los interesados, a solicitud de éstos y por una sola ocasión, prórroga hasta por sesenta días naturales para el cumplimiento íntegro del Programa de obras y actividades, siempre que a juicio de la Secretaría, dicha prórroga este justificada.

Los interesados que se encuentren bajo este supuesto, deberán proponer a la Secretaría previo al término del plazo para cumplimiento del Programa de obras y actividades, una alternativa de solución y cumplimiento íntegro de las

acciones preventivas y correctivas que al momento se encuentren pendientes de concluir.

Sección III. Cumplimiento y seguimiento del programa de obras y acciones concertado

Artículo 24. La Secretaría vigilará y constatará el avance y cumplimiento de los Programas de obras y actividades, mediante visita de supervisión a las instalaciones del establecimiento auditado.

Artículo 25. La visita de supervisión a la que se refiere el artículo anterior, se sujetará a las siguientes reglas:

- 1.- inicio de la visita, el personal autorizado por la Secretaría se identificará debidamente con el personal del establecimiento auditado, responsable del seguimiento en la aplicación de los Programas de obras y actividades concertadas, a quienes exhibirá el oficio de visita de supervisión para el seguimiento respectivo;
- 2.- Las personas que atiendan la diligencia estarán obligadas a permitir el acceso del personal autorizado a las instalaciones sujetas de revisión y a proporcionar toda clase de información y documentación que conduzca a constatar y evidenciar el avance y cumplimiento de las actividades que al momento debieran de estar realizadas;
- 3.- Para la realización de la visita de supervisión, el personal autorizado por la Secretaría podrá solicitar la documentación e información complementaria que permita el cumplimiento de los términos previstos en el párrafo anterior; y toda visita de supervisión se constará de forma escrita, a través de una minuta de trabajo, sobre los hechos, omisiones y observaciones que se hubiesen presentado durante la diligencia. Concluido el acto, las personas que atendieron la diligencia formularán sus observaciones con relación a los hechos, omisiones y consideraciones asentados en la minuta respectiva, así como sus compromisos. Finalmente se procederá a firmar la minuta del caso.

Artículo 26. Una vez realizadas de manera íntegra las medidas preventivas y correctivas del Programa de obras y actividades concertado, el establecimiento

auditado, dentro de los quince días hábiles siguientes deberá hacer del conocimiento de la Secretaría la terminación de los trabajos respectivos.

La Secretaría podrá constatar mediante visitas de supervisión el cumplimiento y terminación de los trabajos correspondientes.

Sección IV. Dictamen de cumplimiento del Programa de Obras y Acciones.

Artículo 27. La Secretaría notificará por escrito al establecimiento la existencia de alguna observación respecto del cumplimiento de las medidas preventivas y correctivas, dentro de los diez días hábiles siguientes a la visita de supervisión a la que se refiere el artículo anterior.

La Secretaría otorgará un plazo para el cumplimiento requerido, hasta de treinta días hábiles siguientes a la fecha de notificación de las observaciones y/o del requerimiento respectivo.

En caso de que no existan observaciones o bien se dé cumplimiento a las mismas, en un plazo máximo de quince días hábiles la Secretaría emitirá el dictamen de cumplimiento del Programa de obras y actividades.

Capítulo V

De la Auditoría Ambiental Obligatoria

Sección Única

Artículo 37. Con el propósito de constatar el cumplimiento de la Ley y del presente Reglamento, la Secretaría emitirá el Programa de Auditorías Ambientales Obligatorias, el cual establecerá los lineamientos para su realización.

Artículo 38. Para efecto del artículo anterior, la Secretaría notificará mediante resolución administrativa al establecimiento que se trate, la orden fundada y motivada e instrucción de practicar una Auditoría ambiental de las actividades, operaciones, procesos, servicios e instalaciones, ordenando para ello la aplicación de la misma en un plazo no mayor de cuarenta días hábiles.

Artículo 39. Las Auditorías Ambientales obligatorias sólo podrán ser realizadas por las personas físicas o morales autorizadas.

Artículo 40. Al momento en que el establecimiento sea notificado por la Secretaría de que deberá someterse a una Auditoría de manera obligatoria, deberá cumplir cabalmente con los términos y disposiciones previstos en los Capítulos II y III del presente Reglamento, además de lo siguiente:

- 1. Realizar durante la auditoría los monitoreos y muestreos correspondientes a todos los aspectos ambientales aplicables; y*
- 2. Cumplir de manera íntegra y oportuna con los plazos y medidas preventivas y correctivas del Programa de obras y actividades aprobado por la Secretaría.*

Artículo 41. Los establecimientos a los que les sea requerida por la Secretaría la realización de una Auditoría, no podrán promover ante esta autoridad la aplicación de los estímulos referidos en el artículo 4 del presente ordenamiento.

Sección II. Sanciones

Artículo 77. Los prestadores de servicio de auditoría ambiental autorizados por la Secretaría que contravengan las disposiciones de la Ley, este reglamento, las Normas Oficiales Mexicanas, las Normas Ambientales para el Distrito Federal y demás disposiciones legales aplicables, serán sancionados administrativamente por esta autoridad con una o más de las siguientes sanciones:

- I. Amonestación con apercibimiento; y*
- II. Revocación de la autorización otorgada y cancelación del registro.*

Además de las sanciones enumeradas, la Secretaría podrá ordenar la restauración, restitución y compensación del daño ambiental ocasionado.

Artículo 78. Si se comprueba que en la elaboración de los documentos que se deriven del proceso de auditoría, la información es falsa e imputable a los prestadores de servicios de auditoría, éstos serán sancionados de conformidad con lo dispuesto en la legislación aplicable y este Reglamento, y se procederá a

la cancelación de la Auditoría ambiental. En caso de que la Secretaría hubiere emitido el Certificado de Cumplimiento o de Excelencia correspondiente, éste se revocará por la autoridad, independientemente de las sanciones que procedan.

Artículo 79. Además de las sanciones previstas en el artículo 77 del presente Reglamento, la Secretaría podrá promover ante los representantes de colegios, asociaciones, instituciones de educación superior e investigación especializadas en materia de auditoría, dependencias competentes y la entidad de acreditación correspondiente conforme a la facultad de sus actuaciones y la legislación aplicable, la suspensión parcial o total de la acreditación o aprobación de auditores ambientales.

XIII.3 , - Programa Delegacional Local

Programa Delegacional de Desarrollo Urbano para la delegación Xochimilco

Art 1o.- Se aprueba la Iniciativa de Decreto que contiene el Programa Delegacional de Desarrollo Urbano para la Delegación Xochimilco del Distrito Federal, de conformidad con el texto, anexos y planos que como anexo único forman parte del presente Decreto y en los términos en ellos indicados.

El suelo de conservación de la Delegación Xochimilco ha sido a lo largo del tiempo fuente de bienes y servicios ambientales para los habitantes de la Ciudad de México. Los bosques que hoy día cubren apenas alrededor de 1,500 ha, han jugado un papel primordial en el mantenimiento del régimen hidrológico para la recarga del acuífero, la regulación del clima local y en mantenimiento de las cadenas y redes tróficas que soportan la flora y fauna del territorio sur montañoso de la Sierra de Chichinautzin y zona lacustre en el Distrito Federal.

Hundimientos diferenciales y problemas hidrológicos, debido a la naturaleza lacustre de la zona, un problema serio que resulta de la extracción excesiva de agua subterránea es el de los hundimientos del terreno en las partes llanas y en los cerros. Los hundimientos regionales se presentan, principalmente en los ejidos de Xochimilco y San Gregorio. Paralelamente a la extracción de agua, las características del suelo lacustre de la región hacen que esta sea susceptible de sufrir agrietamientos y asentamientos diferenciales, los cuales se agudizan

por la ocurrencia de sismos de alta magnitud, como el de 1985. Es importante mencionar que los sismos han causado modificaciones en los niveles de los canales, ya que por un incremento del asentamiento diferencial sur-norte (hasta la fecha prevaleciente), se generaron zonas de inundación en el área lacustre norte, y zonas con disminución del nivel de agua de los canales en la parte sur, dificultando o incluso impidiendo el riego tradicional. Asimismo, la existencia de dos agrietamientos de gran importancia en el Canal Nacional y en San Gregorio Atlapulco, los cuales se produjeron como resultado de los sismos.

Fortalezas y Debilidades

Características singulares de sus recursos naturales: agua, suelo, chinampas, sistema de acuíferos, micro cuencas, bosques, flora, fauna, clima.

Imprecisiones e insuficiencias jurídicas y programáticas, organizativas y funcionales en la instrumentación de programas ambientales, urbanos y agrícolas.

Suelo de conservación en el área de montaña como fuente de bienes y servicios ambientales para la Ciudad de México.

Ausencia de enfoques integrales para la administración de recursos y la atención de problemas comunitarios, prevalecen criterios sectoriales o parciales que inciden en la duplicidad de funciones Alto potencial para el desarrollo de actividades turísticas de alto nivel (zona chinampera) y ecoturísticas innovadoras.

Obsolescencia y falta de actualización de programas de desarrollo urbano, instrumentos de administración urbana y ordenamiento del territorio que generan incongruencia entre la normatividad establecida y los procesos del poblamiento en la Delegación.

Falta de una cultura de servicio en la población.

Falta de infraestructura que permita el desarrollo pleno de las actividades turísticas o ecoturísticas. Inexistencia de programas de fomento de la industria no contaminante.

Posibilidad de vincular los productos del sector primario con las actividades turísticas o industriales.

Centralización de las competencias sobre la regulación del suelo e incidencia limitada de las autoridades delegacionales en la formulación de la planeación y normatividad urbana en Xochimilco.

Existencia de nichos potenciales de mercado y posibilidades de especialización de productos agrícolas y agroindustriales.

Falta de tecnología y apoyos financieros para el sector primario.

Deficientes canales de comercialización directa de los productos del campo.

Inexistencia de programas de fomento de la industria no contaminante.

Falta de políticas adecuadas del uso del suelo con visiones de desarrollo urbano integral.

Las características del suelo permiten la infiltración de agua a los mantos acuíferos, así como la realización de actividades primarias y turísticas.

Posibilidades de incrementar densidad habitacional a través del incremento de niveles de construcción y la saturación de terrenos al poniente y oriente del área urbana.

Políticas inadecuadas de los usos de suelo de conservación, rescate y producción rural y agroindustrial para usos habitacionales y falta de una cultura de producción del espacio acorde con el sistema normativo de regulación del suelo y la construcción.

Acelerado crecimiento demográfico y falta de alternativas para promover un desarrollo más armónico en el territorio.

Falta de infraestructura para un sistema de conservación de agua, suelo y vegetación.

Alternativas viables de vivienda (oferta legal de suelo y mecanismos de financiamiento adecuados).

De no revertirse durante los próximos años la tendencia de crecimiento horizontal, por el elevado índice de desdoblamiento de la población, se mantendrá la fuerte presión de ocupación del suelo de conservación, alterando el comportamiento racional del patrón de ocupación del territorio y de los usos del suelo. La situación anotada se basa en el que la tasa de crecimiento de la población de la Delegación, no obstante que va decreciendo, sus valores de más de dos puntos sobre los del D.F. muestran incrementos de la población que en números relativos, para el año 2010, se acercará al medio millón de habitantes.

Los efectos que estos incrementos tendrán en la estructura territorial de la Delegación serán los siguientes:

- *Suelo de Conservación*

El escenario del Suelo de Conservación en el futuro cercano es bastante incierto y poco alentador, las tendencias de las últimas 3 décadas indican que aumentará el deterioro ecológico y disminuirán las superficies naturales. De proseguir el crecimiento desmedido e irregular de los centros de población y de los asentamientos humanos irregulares se afectará no sólo la riqueza biológica de Xochimilco, sino también algunos procesos ecológicos que son vitales para el mantenimiento de la ciudad de México, la recarga de los mantos acuíferos, el ciclo hídrico y la regulación climática son algunos ejemplos.

Xochimilco representa una alternativa real para revertir la pérdida de infiltración, mediante la aplicación de proyectos ecológicamente viables que promuevan el desarrollo integral de las comunidades, que restauren espacios propicios para inducir la recarga y que promuevan el aprovechamiento de agua pluvial, entre otras medidas, en Suelo de Conservación.

Aplicar la normatividad vigente y mejorar la coordinación interinstitucional son otras medidas incuestionables para proteger los recursos naturales del Suelo de Conservación de Xochimilco y mitigar aquellos daños que ha ocasionado, a lo largo de 50 años, la expansión urbana.

Distrito Federal establece como eje rector de la planeación sustentable en el Distrito Federal, siendo los siguientes:

- ◆ Revertir el crecimiento desordenado de la ciudad,
- ◆ Evitar el crecimiento urbano hacia el suelo de conservación,
- ◆ Ordenar el crecimiento natural de los poblados rurales,
- ◆ Propiciar la utilización adecuada del territorio en compatibilidad con la situación natural,
- ◆ Evitar la conurbación de los poblados y
- ◆ Promover la participación activa y organizada de las comunidades rurales en la definición y orientación de su desarrollo.

IV ORDENAMIENTO TERRITORIAL

4.1 Estructura Urbana

El Programa General de Desarrollo Urbano del Distrito Federal 2003, establece para la Delegación Xochimilco una política de control para el crecimiento

urbano, ubicándola en el tercer contorno, por tanto el Programa Delegacional considera esta política y plantea reducir su tendencia de crecimiento demográfico, tanto natural como social, de una tasa de crecimiento en 1990-2000 de 3.14% a 0.95% para el año 2035, para pasar de una población de 370,000 habitantes en el 2000 a 515,000 en el 2035, con un incremento en 35 años cercano a 145,000 nuevos habitantes.

Asimismo, solamente una quinta parte del territorio delegacional tiene zonificación urbana y el resto es clasificado como suelo de conservación; este último presenta fuertes presiones de crecimiento de la mancha urbana, por lo que uno de los principales lineamientos estratégicos del Programa Delegacional propone rescatar en la medida de lo posible este suelo, mediante la constitución de una zona de amortiguamiento en donde se fomente la realización de actividades productivas acordes con la vocación de preservación, así como, se realicen las acciones necesarias de recuperación y de control al crecimiento de los asentamientos irregulares.

4.2 Delimitación de Áreas de Actuación

Áreas con Potencial de Mejoramiento

Estas aplican en todo el territorio Delegacional, pero particularmente son prioritarias las áreas habitacionales ocupadas por población de bajos ingresos y que presentan altos índices de deterioro y carencia de servicios urbanos; áreas donde se requiere un fuerte impulso para equilibrar sus condiciones y mejorar su integración con el resto de la Delegación.

Áreas de Conservación Patrimonial La Delegación Xochimilco cuenta con un importante número de zonas que presentan espacios de valor Histórico-Cultural;

Dicho Patrimonio se ubica principalmente en los centros de los barrios y pueblos, y dada la presión de crecimiento que afecta a la Delegación por la dinámica urbana y socioeconómica, fue necesario revalorar los espacios significativos en esta nueva versión del Programa Delegacional, ante la inmigración de habitantes que traen consigo diferentes costumbres, junto con otros fenómenos como el desdoblamiento social, el cambio de valores, materiales y técnicas de construcción que han alterado la imagen y carácter rural de los poblados. Con este antecedente y de conformidad con el marco legal vigente se dan a continuación las superficies de los polígonos de conservación patrimonial que se establecen en el PDDUX.

4.3 Zonificación y Distribución de Usos del Suelo

Este Programa se rige por la zonificación primaria de Suelo Urbano y Suelo de Conservación establecida en el Programa General de Desarrollo Urbano del Distrito Federal, y ratifica el trazo de la línea de conservación ecológica.

4.3.2 Suelo de Conservación

Producción Rural y Agroindustrial (PRA). Esta zonificación fomenta la realización de actividades agrícolas, pecuarias y agroindustriales -vitales para la recarga y captación del agua, así como las actividades que resulten compatibles con éstas, como son las actividades ecoturísticas.

Rescate Ecológico (RE). Son aquellas áreas naturales cuyas condiciones han sido alteradas por usos inconvenientes derivados de su ocupación por asentamientos humanos irregulares o por el manejo indebido de recursos naturales y que requieren de acciones para restablecer en lo posible su situación original. Todas las obras y actividades que se realicen en estos espacios se orientarán a restablecer el equilibrio ecológico, el saneamiento ambiental y la captación de agua.

Se establecerá un sistema integral de transporte público rural de pasajeros, que ordene este servicio en el interior de los poblados de la montaña. En sitios estratégicos de los poblados se instalarán módulos permanentes para los taxis de la montaña que sean operados por nativos de la zona, a fin de establecer una identidad con la población local y con ello contribuir a disminuir los índices delictivos.

VI Acciones Estratégicas e Instrumentos de Ejecución

6.1 Acciones

Uno de los aspectos fundamentales del proceso de planeación es resolver los problemas detectados en el diagnóstico, mediante acciones estratégicas, obras y proyectos a realizar en el corto, mediano y largo plazos. Todo ello con la finalidad de dar cumplimiento a la imagen objetivo que se definió para la Delegación Xochimilco. Dentro de este apartado se han incorporado las acciones estratégicas dentro de temas, subtemas, indicando la ubicación y la prioridad del plazo recomendado para la atención de cada una de las mencionadas acciones. Asimismo, se incluyen los principales lineamientos programáticos de las acciones. Estos lineamientos se encuentran íntimamente vinculados a los objetivos de la estrategia que se relacionan con zonas, poblados y colonias en el territorio de la Delegación y que requieren de Programas con acciones integrales.

La temporalidad de las acciones es la siguiente: Corto Plazo se define con un horizonte al año 2007, Mediano Plazo al 2010 y Largo Plazo, 2013. En caso de que algunas de las acciones programadas rebasen los límites de largo plazo por su magnitud o gran demanda de recursos, el plazo quedará definido con un horizonte entre el año 2007 y el 2020. Para el conjunto de acciones estratégicas, se requiere la participación institucional para mejorar, optimizar y operar las acciones previstas, es decir se requiere contar con mayor eficacia en la ejecución de las acciones y mayor eficiencia en los agentes que conducen su desarrollo.

Entre algunas de las tareas a cubrir para la concreción de cada una de las acciones estratégicas se prevén las siguientes:

2. Evitar el crecimiento de la mancha urbana sobre el suelo de conservación a través de estrictas medidas de autocontrol de la población involucrada.

4. Ordenar el crecimiento poblacional esperado mediante un proceso de redensificación del suelo urbano.

7. Buscar el restablecimiento del balance hídrico en la Delegación, mediante la realización de un programa integral de captación, aprovechamiento con ahorro, suministro y reuso del agua.

8. Generar un sistema de monitoreo automatizado para el seguimiento continuo de la buena marcha de los programas.

9. Desarrollar el Sistema de Información Geográfica Urbana para la sistematización administrativa y toma de decisiones de la Delegación.

10. Recuperar el territorio del suelo de conservación mediante la reubicación de Asentamientos irregulares con uso no Habitacional

2. Apoyos a la Actividad Agrícola y Pecuaria Apoyo a la creación de establecimientos que

brinden servicios complementarios a la actividad agro-industrial a partir del fomento financiero y modernización tecnológica en los sistemas de producción y comercialización Principalmente el suelo chinampero para agroindustria y el de la montaña para actividades agropecuarias Corto Asesoría técnica para la creación de actividades turísticas.

1. Apoyo y fomento a la vivienda Redensificación de zonas factibles de incrementar la intensidad de uso de suelo Área urbana, poblados y comunidades rurales Corto

4. Contención de asentamientos irregulares

Vigilancia, control y recuperación Suelo de Conservación Permanente Mejoramiento Vial y de Transporte

El tema de vialidad y transporte es considerado uno de los que requiere atención especial debido a la inadecuada e inoperativa red vial, así como al problema de transporte de esta Delegación; al respecto, se requiere impulsar acciones estratégicas cuya atención se enfoque prioritariamente a corto plazo. La estrategia de vialidad y transporte guarda una estrecha relación con el reordenamiento de los usos del suelo y las funciones urbanas requeridas para la Delegación y están encaminadas a la elaboración de proyectos viales, para ampliaciones, conexiones con otras delegaciones, mejoramiento de la estructura vial y mejoramiento del sistema de transporte público en un periodo a corto plazo. Dichas acciones deberán implementarse en coordinación con la SETRAVI y tomar en cuenta las propuestas hechas por grupos colegiados que tienen injerencia en la Delegación.

2. Construcción de Vialidades Nuevas Estudio y proyecto de una Vialidad que comunique la zona Oriente de la Delegación con Iztapalapa vía Canal de Chalco.

3. Ampliación de Tulyehualco Corto Tren Ligero Estudio y proyecto de ampliación del tren ligero de Nativitas hasta Tulyehualco.

3. Captación de Agua

Estudio de factibilidad para la integración de un sistema de captación de agua superficial y subterránea.

5. Comunidades Rurales

Reforestación con especies endémicas Zona de la montaña con zonificación PE y RE.

Estas acciones se deben ejecutar en el corto plazo en coordinación con el Sistema de Aguas de la Ciudad de México para cubrir con estas demandas apremiantes.

Cuadro N° 39. Programa de Acciones para el mejoramiento y construcción de Infraestructura

Programa Subprograma Ubicación Plazo de Ejecución

1. Ampliación de redes Atención a los rezagos Zonas de rezago de la zona urbana Corto

*"MODELO PREDICTIVO DEL CRECIMIENTO URBANO, CAMBIOS EN LOS USOS DEL SUELO Y EFECTOS A LA RECARGA NATURAL DEL ACUÍFERO",
Estudio de caso, Xochimilco D.F.*

El Programa Delegacional deberá ser considerado en la fundamentación de la planeación, programación y presupuestación de los recursos públicos para la Delegación, así mismo, para conducir la coordinación de las acciones interinstitucionales así como con los sectores social y privado en materia de desarrollo urbano.