

00161  
3



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

**DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACION  
FACULTAD DE ARQUITECTURA  
MAESTRIA EN URBANISMO**

**EL CRECIMIENTO URBANO, CAMBIOS EN LOS USOS DEL  
SUELO Y EFECTOS EN LA HIDROLOGIA. XOCHIMILCO D. F.  
DE 1930 A 2000**

**T E S I S**  
QUE PARA OBTENER EL GRADO DE  
**MAESTRIA EN URBANISMO**  
**P R E S E N T A :**  
**ARO. RAUL GOMEZ DE LEON Y CRUCES**

**DIRECTOR DE TESIS: DR. JORGE F. CERVANTES HORJA**

**SINODALES: M.A. ADRIAN BREÑA GARDUÑO  
M.A. VICTOR CHAVEZ OCAMPO  
M.A. HORACIO LANDA CASTAÑEDA  
M.A. HECTOR ROBLEDO LARA**

**CIUDAD UNIVERSITARIA**

**ENERO DEL 2003**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

*no*  
Acompañado de 2  
A discos compactos



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.

# PAGINACIÓN DISCONTINUA

**TESIS  
CON  
FALLA DE  
ORIGEN**



UNIVERSIDAD  
NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO

División de Estudios de Posgrado e Investigación

Facultad de Arquitectura

Maestría en Urbanismo

***Tesis de Grado de Maestría en Urbanismo***

Tema:

**EL CRECIMIENTO URBANO, CAMBIOS EN LOS USOS DEL SUELO Y EFECTOS EN LA HIDROLOGÍA,  
XOCHIMILCO, D.F., DE 1930 A 2000**

Candidato:

Arq. Raúl Gómez de León y Cruces

Director de tesis:

Dr. Jorge F. Cervantes Borja

Sinodales:

M.A. Adrián Breña Garduño  
M.A. Víctor Chávez Ocampo  
M.A. Horacio Landa Castañeda  
M.A. Héctor Robledo Lara

Enero 2003

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

**Agradecimientos:**

**Dr. Jorge Cervantes Borja;** Director de esta tesis, por su gran apoyo al compartir sus amplios conocimientos y gran experiencia.

**M. A. Adrián Breña Garduño;** por su valiosa ayuda, así como a su cooperación para tener acceso al material de información de la D.G.C.O.H.

**M.A. Víctor Chávez Ocampo;** por todo el ahínco transmitido para terminar esta tesis.

**M.A. Horacio Landa Castañeda;** por su gran auxilio, tanto en la decisión del tema de tesis, como por su amable interés en mi trabajo.

**M.A. Héctor Robledo Lara;** por su amable estímulo desde mi incorporación a la maestría y fundamentalmente durante el periodo de elaboración de la tesis.

**Ing. Miguel Angel Cortes** Jefe de la Unidad Departamental de Planes Maestros de la D.G.O.C.H. así como a la Ing. Julia Rivera Jaramillo, por sus importantes opiniones.

**Dra. Alejandra Cortes Silva,** Coordinadora del Area de Hidrología Isotópica, Instituto de Geofísica de la U.N.A.M. por concederme su valioso tiempo, profundos conocimientos y vasto material.

EL CRECIMIENTO URBANO. CAMBIOS EN LOS USOS DEL SUELO Y EFECTOS EN LA  
HIDROLOGÍA, XOCHIMILCO, D.F., DE 1930 A 2000.

Dedicatorias:

A mi Madre, a quien nunca podré agradecer suficientemente su esfuerzo y ejemplo,

a dos grandes hombres acaecidos prematuramente, mi Padre y mi hermano José,

a Ivana, Raúl y Rodión, disculpándome por la desatención al efectuar mis estudios,

a mi esposa Katia, agradeciendo su comprensión y

a mi hermana Patricia, prototipo de tenacidad.

0

TESIS CON FALLA DE ORIGEN
------------------------------

EL CRECIMIENTO URBANO, CAMBIOS EN LOS USOS DEL SUELO Y EFECTOS EN LA  
HIDROLOGÍA, XOCHIMILCO, D.F., DE 1990 A 2000

**CONTENIDO**

<b>I. PRESENTACIÓN</b>	<b>1</b>
Justificación del tema	1
<b>II. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.</b>	<b>4</b>
Planteamiento	4
<b>III. OBJETIVOS</b>	<b>6</b>
Objetivos del estudio.	6
Objetivos metodológicos	6
<b>IV. HIPÓTESIS</b>	<b>6</b>
Hipótesis central.	6
Supuestos auxiliares	7
Marco histórico	7
Marco físico descripción.	10
Marco temático, descripción.	11
<b>V. MARCO TEORICO</b>	<b>11</b>
Descripción de la teoría de referencia.	11
<b>VI. METODOLOGIA Y SISTEMA DE TRABAJO</b>	<b>16</b>
Objeto de estudio.	16
Metodología.	16
Sistema de trabajo.	18
<b>VII. EL CRECIMIENTO URBANO</b>	<b>20</b>
<b>VIII. CAMBIOS EN LOS USOS DEL SUELO</b>	<b>20</b>
Cambios de la forma urbana.	29
Cambios demográficos.	31
Programa Delegacional de Desarrollo Urbano	32
<b>IX HIDROMETEOROLOGÍA Y BALANCE HIDRÁULICO</b>	<b>34</b>
Topografía	34
Topoformas.	35
Hidrología superficial.	36
Clima	38
Precipitación efectiva.	38
Análisis de tendencia de precipitación en el tiempo.	41
Infiltración.	43
Evapotranspiración real (Turc).	44
Unidades geológicas permeables	45
Unidades geológicas de baja permeabilidad.	47

F

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



EL CRECIMIENTO URBANO, CAMBIOS EN LOS USOS DEL SUELO Y EFECTOS EN LA  
 HIDROLOGÍA ZOOHIDRÓLOGICA DE 1950 A 2000

El sistema geohidrológico.	48
Balance hidrológico de la Cuenca del valle de México.	52
Balance hidráulico de la zona de explotación de Xochimilco.	53
Balance hidrológico de la cuenca subterránea por el método de Darcy.	55
Dinámica del flujo de recarga en el tiempo.	58
La posición del parteguas hidrológico en la zona de recarga.	59
Cambios en el nivel estático.	61
Tendencia de hundimiento del suelo.	63
<b>X DIAGNOSTICO</b>	<b>64</b>
Efectos del descenso del nivel estático en el hundimiento del suelo	64
Efectos del crecimiento urbano en la disminución de la recarga del acuífero.	68
Descenso del área de producción agrícola.	71
Efectos del descenso de la producción agrícola en la población ocupada.	71
Efectos de la disminución del volumen de agua para agricultura en la producción agrícola.	71
Efectos en la productividad agrícola.	75
Efecto del descenso piezométrico en el consumo de energía-eléctrica.	76
<b>XI. SINTESIS DEL PROBLEMA</b>	<b>76</b>
Explicación del fenómeno.	76
<b>XII. CONCLUSIONES</b>	<b>77</b>
Conclusiones finales.	78
Tendencias de la actual dinámica.	79
Jerarquía de las variables.	79
Efectos en la practica.	80
Evaluación de hipotesis de acuerdo a resultados.	80
<b>XIII. RECOMENDACIONES.</b>	<b>81</b>
Físico - espaciales.	
a) Programa para proteger las áreas de infiltración.	81
b) Programa para establecer un polígono de inundaciones.	84
Administrativa	
c) Programa de disminución de extracción de agua subterránea.	86
Técnicas.	
d) Programa para incrementar el volumen de infiltración.	86
e) Mejoramiento de la calidad e incremento de volumen de agua tratada.	89
f) Programa de control de lixiviados	92
<b>XIV. REFERENCIAS</b>	<b>95</b>
Bibliografía y sitios de red en citas a pie de página.	95
Bibliografía de consulta	98
<b>XV. GLOSARIO DE TÉRMINOS</b>	<b>101</b>
Anexo de información	105

TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

EL CRECIMIENTO URBANO, CAMBIOS EN LOS USOS DEL SUELO Y EFECTOS EN LA  
HIDROLOGÍA, XOCHIMILCO D.F. DE 1930 A 2000

**RELACION DE MAPAS**

	Página
1. Zona De Estudio.	10
2. Usos del Suelo en 1941.	21
3. Usos del Suelo en 1950.	23
4. Usos del Suelo en 1970.	25
5. Usos del Suelo en 1996.	27
Usos del Suelo del Programa de Desarrollo Urbano.	33
6. Topografía.	34
7. Topoformas.	35
8. Hidrología superficial.	37
9. Celdillas de cálculo, zona de explotación sur del acuífero.	56
10. Curvas de iso infiltración.	57
11. Posición del parteaguas hidrológico en la zona de recarga.	60
12. Curvas de evolución del nivel estático de 1997 a 2000.	69
13. Programa para proteger las áreas de infiltración.	83
14. Programa para establecer un polígono de inundaciones.	85
15. Ubicación de colonias sin servicio de drenaje.	93

## I. PRESENTACIÓN

Este estudio valora los efectos del desarrollo urbano de la Ciudad de México en la Delegación Xochimilco, en particular, sobre el área de conservación ecológica, la cual se ha ido reduciendo significativamente.

**LA IMPORTANCIA DE LA ZONA;** 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, con el que se comunicaban a través de canales, que también facilitaron el transporte de 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, híbrido cuyo cultivo se ha extendido prácticamente a todo el planeta, siendo aún en nuestros días la base de la alimentación de nuestra población.

**EL PROCESO DE CAMBIO;** 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, ha sido alcanzada y rebasada por la interfase urbana y objeto de la especulación inmobiliaria.

### Justificación del tema

**EL AGUA COMO ELEMENTO DETERMINANTE 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 que incrementan año con año la demanda, han llevado a que la Región Hidrológica XIII que incluye al D.F. se encuentre entre las zonas más sobre explotadas del país ( 44.68 m<sup>3</sup>/seg. anuales) (1).

---

(1) Estadísticas del Medio Ambiente, SEMARNAP, México 1997 PG.39.

## EL CRECIMIENTO URBANO, CAMBIOS EN LOS USOS DEL SUELO Y EFECTOS EN LA HIDROLOGÍA, XOCHIMILCO, D.F., DE 1930 A 2000

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 no solamente como aprovisionamiento de áreas verdes sino aún como proveedor de insumos en sentido amplio, con todas las ventajas que ello implica. Después de haber sido Xochimilco la zona de abasto agrícola que permitió el desarrollo de la cultura Azteca en el Valle 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, poco adecuados a la vocación natural del sitio, además, 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 urbano.

**LA NECESIDAD DE ESTUDIAR LOS EFECTOS DEL CRECIMIENTO URBANO;** Aún antes que en un lugar presente manifestaciones de tipo urbano, sufre en mayor o menor grado influencias de los centros urbanos, en nuestro caso, Xochimilco, es un ejemplo la política de explotación del agua para 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 interfase), es necesario revisar el concepto de dicotomía campo-ciudad, para así considerar los efectos urbanos en las zonas rurales, adoptando un sentido más amplio que el que normalmente se emplea.

**EL ACTUAL PATRÓN DE CRECIMIENTO ES INADECUADO,** los efectos son empíricamente evidentes, la disminución en 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.

**ABATIMIENTO DEL VOLÚMEN DE AGUA,** en Xochimilco se extrae agua por medio de pozos profundos desde 1932, actualmente, 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.

**DISMINUCIÓN DE CALIDAD DE AGUA** de los mantos acuíferos de la cuenca del valle de México, implica la disminución de los recursos de aguas en el subsuelo que deben ser consideradas como recursos naturales muy difíciles de renovar, y aún cuando en la actualidad se reinyecta agua tratada, que según estudios al respecto no mantienen los estándares de calidad para tal efecto, las normas son poco precisas y se mantienen dudas en cuanto a la operación de los sistemas y aun cuando estos operasen adecuadamente, de todas maneras existe una disminución de la

## EL CRECIMIENTO URBANO, CAMBIOS EN LOS USOS DEL SUELO Y EFECTOS EN LA HIDROLOGÍA, XOCHIMILCO, D.F., DE 1930 A 2000

calidad del líquido el cual debe permanecer según normas, entre cinco y diez años en los depósitos antes de ser reutilizada.

DISMINUCION DEL VOLUMEN DE DOTACIÓN por persona, aun cuando el suministro se mantiene dentro de parámetros mayores a 300 lts. por habitante, es patente su déficit 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 esta 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, se ha llegado incluso a pensar en proyectos sumamente audaces como el de alguna empresa privada que plantea con ventajas económicas la posibilidad de importar en un futuro agua desde Canadá.

ALTERNATIVAS, Si bien es cierto, propuestas como las anteriores parecen ser visiones catastrofistas, existen algunas alternativas más viables; como la de lograr disminuir la gran cantidad de agua ya potabilizada que actualmente se pierde por fugas en las redes de distribución; Existe otro planteamiento para mejorar la eficiencia del sistema, se refiere a que de los 8,153 Km<sup>2</sup> 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 (2), y del resto, un gran porcentaje escurre superficialmente hacia las alcantarillas ocasionando problemas de inundación, altos costos de operación y 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 mediación y se planeen los escenarios deseables para no caer en situaciones que podrían resultar sumamente apremiantes y costosas.

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 alcanzan hasta 20 cms. cada año durante la década pasada (3), 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 de sitios como la chinampa.

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 mismos, en tal sentido y como justificación del tema, considero pertinente correlacionar información hidrológica con la de índole agrícola, para a su vez ser referida a los fenómenos de crecimiento urbano.

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

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

## II. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

### Planteamiento

ANTECEDENTES, 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 pérdida 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.

PROCESO DE CRECIMIENTO URBANO, 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 Cuernavaca, se favoreció la tendencia de crecimiento urbano hacia esta zona, aun cuando en 1982 se implementaron medidas jurídicas con la intención de evitar asentamientos en la zona de chinampas, esta continua decreciendo.

EFECTOS EN LA RECARGA; al igual que en la zona lacustre, en la 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.

ABATIMIENTO DE VOLUMEN DE LOS MANTOS SUBTERRÁNEOS, de las cuencas mas 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.

Es significativa la velocidad del abatimiento de los niveles piezométricos, que en Xochimilco tienen un promedio anual de disminución cercano a un metro anual.

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 promedio y actualmente, desde una profundidad mayor a 50 metros, el bombeo se efectúa mediante bombas eléctricas y el costo varía dependiendo de la profundidad, a menor eficiencia en volumen de agua extraída mayor es el costo de bombeo. Hay casos en los que el agua debe extraerse a de más de 200 metros de profundidad.

DISMINUCIÓN DE VOLUMEN Y EXTENSIÓN DEL CUERPO SUPERFICIAL, Al interior de la zona de chinampas, el agua para cultivo es suministrada por diferentes aportes; por la que llueve en el sitio y escurrimientos (38.1%), por las plantas de tratamiento del Cerro de la Estrella (54.3%) y San Luis (3.6%) y por descargas de aguas negras (3.9%), 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 asepsia 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 (4).

## EL CRECIMIENTO URBANO, CAMBIOS EN LOS USOS DEL SUELO Y EFECTOS EN LA HIDROLOGÍA, XOCHIMILCO, D.F., DE 1930 A 2000.

Las principales fuentes de aprovisionamiento para la ciudad se encuentran fuera de la cuenca, sin embargo por décadas fueron las que continúan 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 199 Ha. cuadradas.

La parte más significativa de este volumen es mantenido de manera artificial, como se señaló anteriormente, solo un relativamente pequeño porcentaje (el 38.1%) 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 2m<sup>3</sup>/seg. (5) mediante bombeo se lleva a través de una red de 36.4 kilómetros hasta los canales de aguas libres, el cuerpo léntico 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 sobre explotadas, 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.

DETERIORO DE LA AGRICULTURA, 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(6). 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 bio-energética 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 predominaban 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.

DETERIORO DE LAS CONSTRUCCIONES, el decaimiento de los mantos acuíferos ha ocasionado un proceso de abatimiento del nivel estático freático, provocando hundimientos del terreno en la zona norte del sistema hidráulico, incidiendo a su vez, en la estabilidad de las cimentaciones, así como en la disminución del nivel de agua en las zonas agrícolas al sur, y por efecto abatiendo la lámina de agua para riego de cultivos.

(5) 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.

(6) De las chinampas a la Megalopolis, Ezequiel Ezcurra, IAEAM, México, 1984.

### III. OBJETIVOS

#### Objetivos del estudio.

- Valorar si como empíricamente se aprecia, el crecimiento urbano ha modificado la disponibilidad del recurso hídrico, cuales son los factores intervinientes y sus variaciones durante el tiempo.
- Conocer e interpretar el resultado del balance del sistema hídrico, considerando los factores que influyen en el proceso que sigue el recurso desde su precipitación, hasta su explotación, los cambios cuantitativos del volumen del recurso hídrico, desde que se modificaron las formas de aprovechamiento de los recursos hídricos en 1930, en la actualidad y su tendencia hacia el futuro.
- Conocer e interpretar las características del crecimiento urbano en la Delegación Xochimilco, valorar las posibles correlaciones entre la velocidad de crecimiento y la presión demográfica, así como con la estimulación de crecimiento debida a inversiones en infraestructura.
- Evaluar la magnitud de la disminución del volumen de la recarga con relación a la tasa de crecimiento físico del área construida debido a los cambios en usos del suelo.
- Identificar la ubicación espacial y las características del fenómeno, abarcando las zonas de recarga, particularizando en las áreas de crecimiento urbano y zona de chinampas donde los efectos son más notorios.
- Proponer estrategias, políticas o acciones para mejorar las condiciones del problema.

#### Objetivos metodológicos.

De manera general;

- Comprobar o desaprobado la hipótesis central planteada.

En lo particular:

- Manejar de manera ordenada y sistemática la información para poder explicar las características del fenómeno.
- Concentrar el estudio dentro de los límites físico, histórico y temático del problema.
- Conocer la mecánica de funcionamiento entre las variables intervinientes y su jerarquía con relación al sistema general, mediante análisis de correlación, esto significa, revisar si el grado en el cambio en una variable es acompañado por un cambio correspondiente en otra variable y viceversa.
- Aplicar de manera científica las herramientas de análisis que permitan demostrar y sobre todo explicar la relación causa – efecto entre las variables, su ubicación en el tiempo mediante un cronograma, determinar si existen sincronismos, diaconismos o anacronismos, así como su ubicación en el espacio urbano.

### IV. HIPOTESIS

#### Hipótesis central:

Esta se ubica dentro de los planteamientos de tipo deductivo, esta basada en el resultado de observaciones empíricas previas, y otros estudios, cuyos enfoques aun cuando en general son divergentes, sugieren la posibilidad de comprobación mediante correlación de lo experiencial y lo fáctico entre los temas principales: "desarrollo urbano" y "medioambiente", así mismo mantiene la cualidad de resultar contrastable mediante la inferencia de varas consecuencias, para identificar las relaciones causa-efecto (1).

(1) Bunge Mario, La Investigación Científica, Siglo XXI, 1975



## EL CRECIMIENTO URBANO, CAMBIOS EN LOS USOS DEL SUELO Y EFECTOS EN LA HIDROLOGÍA, XOCHIMILCO, D.F., DE 1930 A 2000.

“ Como empíricamente se advierte al observar la tendencia de abatimiento del nivel piezométrico de los mantos acuíferos subterráneos, así como por el concomitante hundimiento del terreno, el balance hidráulico en la zona de explotación sur de la cuenca de la Ciudad de México es deficitario, debiéndose por una parte a la sobre explotación, pero también a la disminución del volumen de recarga, en consecuencia con la disminución de la superficie natural de recarga, obligada por el incremento de área construida, según los cambios en los usos del suelo durante los últimos setenta años.

Si no se modifica el actual patrón de crecimiento urbano en la delegación Xochimilco, en particular el que se observa en las áreas de conservación ecológica, tanto de producción agrícola en chinampa como en la zona de recarga de acuíferos, continuarán disminuyendo las capacidades reales y potenciales de aprovechamiento de los recursos naturales, decreciendo la articulación urbano – ecológica, para ir cediendo paso a usos de suelo urbanos que dificultarán cada vez más, el compromiso para que en el futuro permanezcan los bienes naturales actuales, destacando en particular los hidrológicos”.

### Supuestos auxiliares:

Con objeto de corroborar la hipótesis planteada, fue necesario considerar los siguientes postulados auxiliares:

- Existe correlación entre la disminución del volumen de agua de recarga con la profundidad de explotación y consecuentemente con las magnitudes de energía eléctrica necesaria para bombeo.
- Existe correspondencia entre la tasa de crecimiento físico de áreas construidas urbanas, con el decremento en los volúmenes de recarga de mantos acuíferos. La tasa de crecimiento de población está correlacionada con la tasa de crecimiento físico de áreas construidas urbanas.
- No existe o resulta despreciable, para efectos del balance hidráulico, el aporte del cuerpo superficial hacia los mantos subterráneos, debido a los coeficientes de muy baja transmisividad.
- Se considera que debido a la dirección de los flujos laminares dentro de la subcuenca, no existen aportes a la zona de explotación en dirección norte sur, no existen acuífugas hacia la cuenca del Valle de Morelos, ubicada al sur de la zona de recarga.
- La disminución en la cuantía del recurso hídrico en la superficie a ocasionado efectos a la producción agrícola, existen efectos presumibles en correlación de la escasez de agua en los canales de la zona sur de chinampas con la productividad agrícola.
- Debido las cualidades de transmisividad de los cuerpos geológicos subyacentes a las zonas construidas carentes de servicio de drenaje, estas, constituyen un factor de peligro real al propiciar la contaminación por lixiviación en las superficies de abasto de agua de los cuerpos subterráneos.

### Marco histórico.

Así como la mayoría de las capitales de los países latinoamericanos, existe en el país una macrocefalia subordinadora, la Ciudad de México, tiene gran predominio en la vida del país, y merece ser subrayada: fue asiento del mayor de los imperios indígenas, capital del virreinato, centro del imperio francés y el área urbana desde donde han emanado las decisiones que han afectado determinantemente el desarrollo de México (2).

CIUDAD PRECOLUMBINA; México tiene una larga tradición urbana, ya que la forma de organización de la población en los años anteriores a la conquista, ha tenido a las áreas urbanas entre sus más profundas manifestaciones, así puede decirse que el proceso de urbanización rápido que ha seguido el país es en parte el resultado de un proceso natural de una forma de vida urbana que tiene siglos de enraizamiento (3).

---

(2) Luis Unikel, El Desarrollo Urbano en México, El Colegio de México, México, 1976.Pág. 22.

(3) Unikel Op. Cit (2),Pag.24

EL CRECIMIENTO URBANO, CAMBIOS EN LOS USOS DEL SUELO Y EFECTOS EN LA  
HIDROLOGÍA, XOCHIMILCO, D.F. DE 1930 A 2000

Desde el inicio de la conquista existían ya o habían existido centros urbanos de tamaño considerable como Tenochtitlan con 300,000 habitantes al inicio de la conquista (4). La parte de mesoamérica correspondiente a México estaba formada por numerosos pueblos y entidades político religiosas de diferente tamaño e importancia, cuyo principal exponente era el imperio culhua-mexica, confederación tripartita de las ciudades-estado de Tenochtitlan, Tlacopan y Texcoco. Esta Alianza asentada en el Valle de México y formada con el fin de lograr la dominación económica de su región periférica, logró conquistar militar y políticamente una cuarta parte de la región mesoamericana, equivalente a una décima parte del territorio nacional actual.

Los Mexicas, sin embargo no lograron nunca conformar un estado totalmente integrado pues dentro de él subsistían regímenes legales, costumbres y lenguajes diferentes, además de que el control militar era eliminado frecuentemente en las áreas de la periferia más alejadas. 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 (5) siendo este seguramente el caso de Xochimilco.

LA ÉPOCA COLONIAL, a mediados del siglo XVIII el panorama urbano se caracteriza por la formación de concentraciones importantes de población en localidades donde ya existía población indígena desde la época prehispánica, y por el crecimiento diferencial de algunas ciudades respecto a otras regiones relativamente homogéneas, y finalmente en el predominio de la Ciudad de México cuya población alcanzaba ya los 101,000 habitantes hacia 1742.

A partir de 1750 cuando la población de la capital duplicaba en población a la segunda ciudad del país, su importancia relativa con respecto a las ciudades de tamaño intermedio fue aumentando. En ese año la Ciudad de México tenía 101,000 habitantes, mientras que Puebla contaba con 50,000 habitantes proporción que se conservó prácticamente constante hasta 1823, cuando las poblaciones eran de 137,000 habitantes y 68,000 habitantes respectivamente, de ahí en adelante, la población de la Ciudad de México experimentaría un crecimiento diferencial que haría que hacia 1877, la población de la capital -230,000 habitantes- casi duplicara las de las ciudades de Puebla y Guadalajara(6)

EL PORFIRIATO: Los poblados menores ubicados cerca de las grandes ciudades y a lo largo del sistema carretero empezaron a observar el establecimiento de estrechas ligas de dependencia centro-periferia. Los casos de los poblados de Cuautitlán, Tlalnepantla, Ecatepec y Chalco pueden ser considerados los primeros ejemplos del proceso de metropolización en la Ciudad de México y en el País. (7)

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 Escurra 1984) una capacidad de 20 millones de metros cúbicos, sin embargo para 1964, había descendido a tan solo 2 millones, 264 mil m<sup>3</sup>., 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 l./seg. de La Noria y 600 l./seg. de Nativitas, al incluirse los de San Luis Tlalxiltamalco arrojaban 2,100 l./seg. para 1932 la aportación de Xochimilco requirió de obras de perforación de pozos, llegaba a 3.00 m<sup>3</sup>/seg. Calculándose que las pérdidas por fugas eran de 525 lts./seg.(8)

(4) H. Browning, The Urbanization of México, tesis doctoral inedited, Berkeley, University of California, 1962, p 180 citando a L.B. Simpson en C. Sjoberg, "The Original Evolution of Cities Scientific American" Septiembre de 1965, p. 57.

(5) Unikel op. Cit. 18.

(6) Unikel Op. Cit. Pág. 19

(7) Unikel Op. Cit. Pág. 22

(8) Ezcurra Ezequiel, Op. Cit. Cap. II (6).

EL CRECIMIENTO URBANO, CAMBIOS EN LOS USOS DEL SUELO Y EFECTOS EN LA  
HIDROLOGÍA, XOCHIMILCO, D.F., DE 1930 A 2000.

EL PERIODO POSTREVOLUCIONARIO; 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(9).

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 M<sup>3</sup>/seg. aportaciones totales de 4.2 m<sup>3</sup>/seg., estos hechos, afectaron según Ezcurra (1984) muy seriamente a la región chinampera, trayendo como consecuencia la disminución de la agricultura, y el desequilibrio económico.

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 ( 3,460 mil 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 m<sup>3</sup>/seg.

Debido al descenso referido, en los niveles en 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 finalmente las derivaciones a los canales de Xochimilco. (10). en 1959 aumenta el caudal a 4 m<sup>3</sup>/seg. y en 1963 se obtienen 5m<sup>3</sup>/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.

DURANTE LAS DÉCADAS RECIENTES, en 1970 hubo necesidad 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 suelo de las chinampas y ocasionando hundimientos, como se explicó en el capítulo referente al Planteamiento del Problema.

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 (11).

En 1984 se tuvo una importante precipitación, prácticamente inundó toda la zona norte de la chinampería, pero aún así, el nivel en el sur continuaba estando muy bajo, la SARH bloqueó 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. (12).

---

(9) En muchos lugares y Todos los Días, Salles Vania y Valenzuela Jose Manuel, El Colegio de México, 1997.

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

(11) Guerra Luis Manuel op. Cit. (10).

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

EL CRECIMIENTO URBANO. CAMBIOS EN LOS USOS DEL SUELO Y EFECTOS EN LA  
HIDROLOGÍA, XOCHIMILCO, D.F., DE 1930 A 2000.

**Marco físico, descripción.**

Fue necesario considerar dos niveles de estudio en cuanto a territorialidad, el más amplio considera los límites de la cuenca de recarga, abarca fundamentalmente la formación geológica del Cuaternario, Sierra de Chichinautzin, significando en total 26,704 has. En segundo término, por condiciones de agregación de información, la delegación política Xochimilco, alcanzando 12,517 has., además por que dentro de este perímetro se inscribe mayormente la problemática referida; mayor concentración de pozos de extracción, crecimiento urbano, cambios en los usos del suelo y donde se ubican los efectos a la agricultura de chinampa.

**Mapa 1, Zona de Estudio.**



### **Marco temático, descripción.**

Una vez señalados los objetivos, alcances e hipótesis conviene determinar el enfoque de la temática pues aún cuando se han expuesto ya algunos de los principales elementos de análisis, algunos pertenecen a las ciencias naturales, por la necesidad de utilizar algunos conceptos referentes a la Geografía, la Geología y en particular a la Geología hidráulica y la Agronomía.

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, la Demografía, Sociología urbana y rural, y la Economía.

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 Lógica y la Matemática, " brindan una contribución directa a la investigación, haciendo experimentar transformaciones adecuadas a los datos originales de la estadística " (13).

Existen una gran cantidad de enfoques sobre los aspectos centrales de mi temática que no puedo abordar debido a la gran extensión y complejidad de posibilidades de estudio, Xochimilco, como objeto de estudio por diferentes tipos de observadores, desde hace mucho tiempo, por sus características irreproducibles, únicas en el mundo, atrae debido a su interés histórico, antropológico, sociológico, agronómico, agro arqueológico, etc.

El tema podría considerarse inscrito en el campo del urbanismo en su faceta medio ambiental, sin embargo por el hecho de abarcar el recurso agua en relación a su aprovechamiento ya sea para uso rural o urbano, y al crecimiento urbano, hace que mi enfoque salga 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 " (14).

## **V MARCO TEORICO**

### **Descripción de la teoría de referencia.**

El marco conceptual propuesto, aprovecha los avances existentes en la esfera del pensamiento, como resultado del proceso de construcción de conocimientos hipotéticos básicos, desde su estado elemental como seudo ciencia, pasando por la articulación de leyes generales, hasta llegar al concepto del desarrollo sostenible ( también conocida como sustentable), este campo teórico, inscribe el desarrollo ( y el desarrollo urbano) en el campo de la economía, y su relación con el medio ambiente, en nuestro caso con los aspectos específicos del problema de la tesis.

Durante la exposición en el capítulo, se señalan los conceptos y las directrices establecidas a partir de los organismos internacionales, fundamentalmente las Naciones Unidas, para insertar el problema concreto de los recursos naturales en el contexto del desarrollo sostenible en nuestro país, y en particular a los problemas de planeación urbana e hidrológica en la subcuenca de Xochimilco.

ANTECEDENTES, la preocupación por "aumentar las riquezas renacientes (hoy diríamos renovables) sin menoscabo de los bienes de fondo " aparece en el siglo XVIII, a través de los conceptos expresados por los economistas franceses hoy llamados fisiócratas, tratando de conectar lo físico con lo monetario y la economía con las ciencias naturales.

---

(13) El Método de la Economía Política en América, Latina, Nogaro Bertrand, México, 1943.

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

Cuando a principios de la década de los setenta en el primer informe del Club de Roma, sobre los límites del crecimiento, junto con otros escritos, pusieron en tela de juicio la viabilidad del desarrollo como objetivo económico planetario, Ignacy Sachs, propuso el término ecodesarrollo como término de compromiso que buscaba conciliar el aumento de la producción que tan perentoriamente reclamaban los países del tercer mundo, con el respeto necesario a los ecosistemas para mantener las condiciones de habitabilidad de la tierra. El término ecodesarrollo empezó a utilizarse en los círculos internacionales relacionados con el medioambiente y el desarrollo.

DESARROLLO SOSTENIBLE, tras la aparición del Informe "Sobre nuestro futuro común" (1987-1988) coordinado por Gro Harlem Brundland en el marco de las Naciones Unidas, se fue poniendo de moda el concepto del "desarrollo sostenible", entendiéndose por tal, aquel que permite "satisfacer nuestras necesidades actuales sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer las suyas".

A la vez que se extendía la preocupación por la sostenibilidad se subrayaba implícitamente la insostenibilidad del modelo económico hacia el que nos ha conducido la civilización industrial, sin embargo tal preocupación no se ha traducido en la reconsideración y reconversión operativa de tal modelo hacia el nuevo propósito.

Han existido controversias en la utilización del término "desarrollo sostenible", sin embargo después de veinte años del Informe del Club de Roma (1971) donde destaca lo expuesto en el documento "Los límites del crecimiento" (Meadows D.H. y D.L.), estamos asistiendo a un nuevo intento por hacer validar las nociones originales asumiendo acriticamente un conformismo conceptual en el entorno económico.

El deterioro planetario así como las perspectivas de enderezarlo son bastante peores que hace veinte años, sin embargo la forma en que se ha redactado así como la presentación del nuevo Informe de Meadows (1992) denominado "Mas allá de los límites del crecimiento", donde los autores se sienten obligados a escudarse en la confusa distinción entre el crecimiento y desarrollo económico, para advertir que pese a existir límites al crecimiento, no tiene por que haberlos al desarrollo. No obstante incluir en el prólogo a un economista como Timbergen, galardonado con el Premio Nobel, señalando que el libro "clarifica las condiciones bajo las cuales el crecimiento sostenido, un medio ambiente limpio e ingresos equitativos pueden ser organizados" (1)

LA DECLARACION DE RIO, 3-14 de Junio de 1992, como seguimiento a la reunión precedente en Estocolmo el 16 de Junio de 1972, se establecen los principios del programa con los que se redacta la Agenda 21, los países firmantes entre ellos México, se comprometen a efectuar acciones, de donde se entresacan algunos conceptos teóricos aplicables al tema.

Capítulos:

IV) Necesidad de tomar medidas para evitar el agotamiento de los recursos naturales, debido al consumo insostenible, mejorando la eficiencia en el aprovechamiento de los recursos y de la energía.

XVIII) Necesidad de dar protección al aprovisionamiento en calidad y cantidad de agua potable.

Principios:

VI) Debe considerarse a los países en desarrollo como los más vulnerables y de especial prioridad.

VII) Los estados de los países, deben reducir o eliminar los patrones de consumo de recursos así como los de producción no sostenibles.

IX) Los estados deben mejorar su capacidad de conocimiento científico para la comprensión de los problemas, mediante el desarrollo, adaptación, difusión y transferencia de tecnologías.

X) Es necesaria la participación incluyente de todos los actores.

(1) Sobre el Origen, el Uso y el Contenido del Término Sostenible, Naredo J.M. Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid, 1998.

EL CRECIMIENTO URBANO. CAMBIOS EN LOS USOS DEL SUELO Y EFECTOS EN LA  
HIDROLOGÍA. XOCHIMILCO, D.F., DE 1930 A 2000.

Existe en la misma Agenda 21, un programa específico denominado "El agua y el desarrollo urbano sostenible" señalando que: La extendida escasez, destrucción gradual y agravamiento de la contaminación de los recursos en muchas regiones del mundo, conjuntamente con la invasión de actividades antrópicas incompatibles, demanda la planeación y administración eficaz de los recursos hídricos.

"La integración debe cubrir todos los tipos de cuerpos de agua potable incluidos los de superficie, así como los subterráneos, considerando su cantidad y calidad. La naturaleza multi-sectorial del recurso agua, debe considerar su contexto en el desarrollo económico, así como el multi-interés de los recursos de agua para; la salud, agricultura, industria, desarrollo urbano, generación de energía eléctrica, acuicultura, el transporte y el recreo". (2)

LA VISION MALTUSIANISTA, después de diez años del pronunciamiento de Río de Janeiro, no se aprecian los cambios necesarios de manera tan extensa y profunda como sería deseable, nuevos aires de preocupación se advierten en los estudiosos del tema, particularmente entre los de los programas de medio ambiente de las Naciones Unidas, Heitor Gurgulino de Souza, Director de la Universidad de Las Naciones Unidas dice (1997) : " Estamos en un punto crucial en la historia, nuestra bello maravilloso pero vulnerable planeta, a alcanzado un punto en el que no puede seguir soportando los efectos de la actividad humana, su sobrevivencia esta amenazada, y depende de las decisiones que tomemos en las siguientes décadas ".

Otros sectores de la sociedad internacional, preocupados por el problema culpan de extremadamente burocrática a la organización así como de tener una posición intencionalmente exagerada, en lo que a nuestra condición toca, Gilbert Alan, señala que los problemas de agravamiento de las cualidades del medio ambiente urbano, tienen tanto que ver con el tamaño de las ciudades, como con las características específicas sociales y económicas de sus habitantes, existen, dice el, en la actualidad, 28 mega - ciudades de más de 8 millones de habitantes, de las cuales 2/3 partes se encuentran en países en desarrollo, y en caso de agravarse las condiciones ambientales, podrían resultar situaciones altamente negativas.(3)

El mismo organismo, a través de Jeanne Kasperson y Roger Kasperson, por medio de su metodología de evaluación, considera a la Cuenca del Valle de México como " región crítica ", entre nueve en todo el mundo, con mayor "vulnerabilidad de sufrir degradación medioambiental extrema "(4)

EL COSTO DE NO ACTUAR A TIEMPO, Los economistas de Naciones Unidas Carter B. y Homman (1996), señalan que los costos de no actuar a tiempo son más graves en muchas ocasiones, que si se toman medidas a tiempo, así lo han demostrado durante sus estudios, calculando la cuantía de las externalidades por problemas de medio ambiente en la India, obligando a gastar hasta el 4.5 % del Producto Interno Bruto en mitigar los efectos que la contaminación causó directamente a la salud (5).

Resulta significativo el resultado en la India, demostrando, como la degradación del agua en particular, causó mayores problemas que los sufridos por la del aire, así mismo se señala que los grupos más afectados fueron sensiblemente los de menores recursos económicos, ya que las clases favorecidas se encontraban mejor protegidas de los impactos ambientales.

---

(2) [www.unu.edu/hq/special-a/rio-plus5.html](http://www.unu.edu/hq/special-a/rio-plus5.html)

(3) The mega cities in Latin America, Gilbert Alan, U.N.U. press 1996.

(4) Comparisons of Threatened Environments, Jeanne Kasperson, Roger Kasperson, UNU Press, 1995.

(5) The Cost of not Acting, Carter Brandon, Kristeen Homman, UNU/IAS working Paper No. 9, 1996.

EL CRECIMIENTO URBANO, CAMBIOS EN LOS USOS DEL SUELO Y EFECTOS EN LA  
HIDROLOGÍA, XOCHIMILCO, D.F., DE 1930 A 2000.

Con la salvedad de comparar los resultados de los informes de la India, con las condiciones específicas de la Ciudad de México, es probable que algunas autoridades han estado más preocupadas por atender los problemas de contaminación al aire, más evidentes para la opinión pública, que los de agotamiento y contaminación de reservorios de agua.

**CRITICAS A LA VIABILIDAD DEL DESARROLLO SOSTENIBLE.** Han existido recientemente críticas, en el sentido que la sostenibilidad se revela como incompatible con el desarrollo del sistema económico, cuya tendencia hacia la globalización origina la destrucción ambiental (Norgaard, 1996), así como la homogeneización cultural, en la que se requiere bajar del pedestal que hoy ocupa la propia idea del crecimiento económico, como algo globalmente deseable e irrenunciable, y advertir que la sostenibilidad no será fruto de la eficiencia de del desarrollo económico, sino que implica sobre todo decisiones respecto a la equidad actual e intergeneracional.

Existe en el término "desarrollo sostenible" una parte de indefinición, debida al empeño de conciliar el crecimiento económico con la idea de sostenibilidad, cuando cada uno de esos dos conceptos adquieren niveles de abstracción y sistemas de razonamiento diferentes: las nociones de crecimiento económico encuentran su definición en los agregados monetarios homogéneos de "producción" y sus derivados, que segrega la idea usual de sistema económico, mientras la preocupación por la sostenibilidad recae en los procesos físicos singulares y heterogéneos.

En efecto, la idea de crecimiento económico con la que trabajan los economistas, se encuentra desvinculada del mundo físico, no tiene ya otro significado concreto y susceptible de medirse, que el del aumento a los agregados de la renta o al producto nacional, es decir, de agregados monetarios que por definición hacen abstracción de la naturaleza física heterogénea de los procesos que los producen, careciendo por tanto de información y de criterios para enjuiciar la sostenibilidad de estos últimos.

Clarificar el concepto exige, en primer lugar, identificar cual es la interpretación del objetivo de la sostenibilidad desde el punto de vista del sistema económico.

Robert L. Solow (1992), premio Nobel en economía en 1987, señala que debemos precisar lo que se quiere conservar, concretando en algo genérico lo enunciado por el Informe de la Comisión Brundtland, para Solow lo que se debe conservar es el valor del capital existente (stock), (incluyendo el del capital natural) con el que cuenta la sociedad, que es lo que otorgaría a las generaciones futuras la posibilidad de seguir produciendo bienestar económico en igual situación que la actual.

Para Solow el problema, estriba por una parte, en lograr una valoración que se estime adecuadamente completa y acertada del capital existente y del deterioro ocasionado por el mismo, y por otro lado, en asegurarse que el valor de la inversión que engrosa anualmente ese capital ("stock") cubra al menos el valor del deterioro anual.

El tratamiento del tema de la sostenibilidad en términos de inversión, explica que se haya extendido entre los economistas la idea de que el problema ambiental encontrará una solución más fácil cuando la producción y la renta se sitúen por encima de ciertos niveles que permitan aumentar sensiblemente la inversión en mejoras ambientales.

En cuanto a los países pobres, Solow recomienda anteponer el crecimiento económico a las preocupaciones ambientales, para lograr cuanto antes los niveles de renta que permitan resolver su problemática ambiental, sin embargo como el mismo autor reconoce, "estamos abocados a depender de indicadores físicos para poder juzgar la actuación de la economía con respecto al uso de los recursos naturales".

Por otro lado toda una serie de autores más o menos vinculada a la corriente que agrupa la revista y asociación "Ecological Economics" advierten que el tratamiento de las cuestiones



EL CRECIMIENTO URBANO, CAMBIOS EN LOS USOS DEL SUELO Y EFECTOS EN LA  
HIDROLOGÍA, XOCHIMILCO, D.F., DE 1930 A 2000.

ambientales y de la propia sostenibilidad, requieren no solo retocar sino ampliar y reformular la idea usual del sistema económico, rechazando la idea de que los objetos que componen el stock de capital no son necesariamente homogéneos ni sustituibles. Es más, se postula que los elementos y sistemas que componen el capital natural se caracterizan por ser más bien complementarios que substitutivos con respecto al capital producido por el hombre.(6)

**DESARROLLO URBANO SOSTENIBLE EN EL AMBITO LOCAL,** Los planteamientos de la Agenda 21, pretenden incorporar a todos los actores, incluyendo importantemente a los propietarios de los predios que pudiesen resultar afectados por las políticas de planeación, sin embargo, debido al escaso grado de proximidad que la ciudadanía tiene con las autoridades administrativas en las diferentes instancias de gobierno, no existe un palpable compromiso de los últimos por impulsar acciones de fondo como lo requiere el problema del agotamiento y la degradación de los recursos acuíferos, de esta manera, este se agrava con el tiempo y la responsabilidad sobre el mismo se diluye.

Al respecto Malbert Bjorn (1998) opina; las tareas de las autoridades, como mediadores en los intereses de la sociedad y los roles de los planificadores están cambiando, facilitar este nuevo enfoque, requiere la coordinación de un nuevo sistema público de planeación, (el soporte jurídico normativo está presente en el Sistema Nacional de Planeación) sin embargo, se requiere propiciar la confianza de todos los sectores sociales, considerando la oportunidad que tienen los líderes sensibles con competencia profesional, creadores de procesos factibles, para gestionar las propuestas de consenso social, sentidas como propias por un mayor número de concurrentes, con mas alto grado de compromiso (7).

En algunos casos de problemas de planeación recientes, se ha recurrido a justificar decisiones políticas, avaladas por los resultados técnicos de estudios académicos, sin embargo, existe la urgente necesidad de desarrollar e investigar empíricamente las posibilidades de establecer metodologías de planeación sobre bases más eficaces de organización, a través de liderazgos que lleven a programas de mejoras en los niveles de bienestar, que incluyan de manera activa a todos los sectores sociales; propietarios, agentes y actores de manera unificada, en el menor tiempo y con el mínimo de fricción social.

La misma Agenda 21, explica la necesidad de llevar a cabo importantes procesos de información, comprensión y difusión pública de los problemas (Principio IX ), un grave obstáculo es que al parecer, el grueso de la ciudadanía no se manifiesta en participar decididamente en la solución de problemas generales, probablemente por desconocimiento de los posibles efectos en el futuro, quizá otro factor sea la carencia general de sentido de grupo por el común denominador de los ciudadanos. Cualquier acción a través de obras, leyes o reglamentos en favor de conservar los recursos hídricos, no tendrá resultado si no se manifiesta como legítima a través de la voluntad general de los ciudadanos.

---

(6) Towards some operational principles for sustainable development, Daly, H. E. ,1990, Ecological Economics, Vol. 2, No.1, pp.1-6.

(7) Malbert Bjorn, Urban Planning Participation: practice and theory, Doctoral Thesis, Chalmers University of Technology, 1998.

## VI. METODOLOGIA Y SISTEMA DE TRABAJO

### Objeto de estudio.

El objeto de estudio es el crecimiento urbano y la hidrología, utilizando algunos elementos de análisis particular como son; la estructura urbana, la dinámica de población, los usos del suelo y sus cambios, su morfología y topología, volumen de agua precipitado y sus cursos, disminución de área de recarga de acuíferos y de volumen de infiltración. Explotación de los recursos hídricos, balance de los volúmenes en los mantos freáticos, y consecuencias en la cuantía del recurso y el modo de producción agrícola.

### Metodología:

Para lograr los objetivos planteados en el capítulo III, dentro de las condicionantes existentes, se decidió seguir el siguiente procedimiento metodológico general:

#### A) FORMULACIÓN Y ENFOQUE DEL PROBLEMA.

B) HIPOTESIS, como enlace entre la teoría y la investigación se formuló la hipótesis como una proposición que me permitió establecer relaciones entre hechos y explicar a priori por que se producen.

C) MARCO TEORICO en concordancia con la formulación y enfoque del problema, fue conveniente delimitar el área de investigación, determinando; el marco físico en dos niveles de agregación, el primero en el ámbito de delegación y después en el ámbito de la zona de recarga del acuífero sur de explotación, circunscribiendo el periodo de tiempo en el que se ha desarrollado el fenómeno como proceso histórico y finalmente el marco temático, parámetro de cubrimiento de nuestra investigación.

D) ANÁLISIS , inició con la obtención de información, su validación y su manejo numérico para hacerla vigente en tiempo, en algunos casos fue frecuente encontrar diferentes datos referentes al mismo tema y momento, por lo que se consideró necesario efectuar valoraciones sobre la objetividad y veracidad de la información.

La relativa cantidad de información existente, que pudo aplicarse al análisis, no hizo necesario llevar a cabo levantamientos de campo para obtención de fuentes directas, pero si la practica de entrevistas con personas que conocen de los diferentes temas.

La información fue procesada, ya que en muchos casos esta fue obtenida en niveles de agregación que no corresponden al nivel de análisis conveniente por lo que se hizo necesario auxiliarse de procedimientos de cuantificación y tratamiento estadístico (1).

El orden seguido para el análisis, fue estudiar inicialmente las supuestas causas del problema y en segundo término los efectos:

D.1) LAS CAUSAS La variable de crecimiento urbano permitió conocer las tasas de crecimiento físico, espacio urbano construido en has. /año, conocer la velocidad de extensión del crecimiento físico urbano, en la Delegación Xochimilco, desde 1930, así mismo se logró ubicar espacialmente los cambios de diferentes usos del suelo, distinguiendo seis: Habitacional, Equipamiento y áreas verdes, las zonas agrícolas de temporal, las de jugo o humedad y las áreas naturales, esto fue útil para inferir la causa de la disminución de las áreas de recarga.

Los efectos de la urbanización, a lo largo del tiempo, se midieron junto con los cambios de uso de suelo, fue necesario considerar variaciones periódicas durante un periplo que incluye estadios antes y después de la presión urbana de cambio.

(1) Garrocho Carlos, Localización de servicios en la Planeación Urbana y Regional, UAEM, 1984.

## EL CRECIMIENTO URBANO, CAMBIOS EN LOS USOS DEL SUELO Y EFECTOS EN LA HIDROLOGÍA. XOCHIMILCO, D.F., DE 1930 A 2000.

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, diferenciando particularmente las tasas migracionales, así mismo, su correlación durante en periodo de tiempo estudiado con el crecimiento físico de las zonas urbanizadas.

Los análisis de la forma urbana, permitieron distinguir el sentido y rapidez de los vectores de crecimiento, así como los factores que lo propician, los que lo desmotivan y su impedancia.

Conocer la magnitud de la extracción de agua del subsuelo, resulta imprescindible para efectuar el cálculo de las salidas del balance hidráulico, la ubicación de los pozos y sus volúmenes de extracción, medidos en M<sup>3</sup>/seg., fueron importantes para determinar las tendencias de abatimiento del manto freático medido en metros con respecto a un banco de nivel, En consecuencia, con el abatimiento de los mantos acuíferos subterráneos se correlaciona la velocidad de hundimiento del suelo en cm./anuales.

D.2) LOS CAMBIOS: siguiendo el orden causa – cambio - efecto, se llevó a cabo el análisis de los aspectos de fisiología hidráulica que resultan significativos para el comportamiento del fenómeno, para ello, por motivos de sistematización analítica, se consideraron separadamente como apartados temáticos, sin embargo, conviene señalar la dificultad de disgregarlos, ya que en realidad existen fuertes determinaciones de unos con otros.

Aun cuando existe una secuencia histórica del problema, las variables analizadas son las mismas en varias etapas, aunque a través de estas ha ido variando su importancia relativa durante el periplo del proceso estudiado, en concordancia con los enunciados del planteamiento del problema, y con el criterio metodológico de análisis al seguimiento causa – cambio - efecto, se enuncian considerando como punto de partida, a los elementos de funcionamiento hidráulico que intervienen en el proceso seguido durante el ciclo hidrológico.

La topografía, primero de estos elementos determinantes, es la síntesis de los procesos físicos orogénicos hasta el presente, dentro de estos, los geológicos adquieren gran importancia, la topografía, determina la distribución del escurrimiento superficial del agua, e influye en la distribución de la precipitación en correlación con la altitud y los factores climáticos. Operacionalmente se consideró su medición en m.s.n.m., las variaciones de los niveles piezométricos y de hundimiento del suelo fueron referidos a bancos, los niveles de profundidad al nivel estático fueron registrados convencionalmente en su altura sobre el nivel topográfico.

La precipitación, fue cuantificada en mm. anuales de volumen de agua, su distribución relacionada con el tema topográfico, y otras variables climáticas, sirvió para determinar las diferentes magnitudes de infiltración y su distribución en la zona de recarga.

La evapotranspiración, interactuando el volumen de precipitación en el contexto climático; altitud, temperatura, calor sensible, asoleamiento, velocidad del viento, etc. resultan de gran importancia para conocer las pérdidas de humedad al aire, en detrimento del volumen infiltrado y consecuentemente en el balance hidráulico.

La infiltración, la precipitación y la evapotranspiración, interactúan con la topografía y la altitud, ejerciendo influencia sobre las magnitudes y lugares de infiltración, factibles de comparar en tiempo y espacio mediante la unidad, m<sup>3</sup>/ha/año, es imprescindible para calcular las entradas en el balance hidráulico.

EL CRECIMIENTO URBANO, CAMBIOS EN LOS USOS DEL SUELO Y EFECTOS EN LA  
HIDROLOGÍA, XOCHIMILCO, D.F., DE 1930 A 2000.

La hidrogeología, estudio del comportamiento del agua en el subsuelo, esta determinado por la capacidad de transmisibilidad y consecuentemente de velocidad, durante su paso por las diferentes formaciones geológicas, lográndose conocer para la zona de estudio los gradientes hidráulicos de celdillas dispuestas en el sentido del flujo laminar, en las que con objeto de análisis se ha calculado su transmisividad en  $m^2/seg.$  así como su caudal el  $m^3/seg.$  determinando para cada una de ellas el volumen transmitido en  $m^3/año.$

Una vez en los mantos freáticos, el recurso se deposita de tal manera que guarda continuidad con las características de permeabilidad propia de cada uno de los estratos, para lo cual se empleó el coeficiente de almacenamiento en volumen de agua en  $m^3.$

Los volúmenes de producción agrícola, fueron valorados para el uso del suelo, correlacionando la información con la población ocupada en el sector, y con los indicadores volúmenes de agua utilizando el maíz como patrón de productividad.

G) DIAGNÓSTICO, una vez efectuados los análisis se procedió a la descripción integral del problema que nos ocupa, valiéndose de correlaciones de nexos pertinentes, se llevó a cabo la traducción matemática para efectuar correlaciones supuestamente concomitantes, siendo estos los instrumentos de diagnóstico numérico.

Se construyó un modelo de diagnóstico, mediante la aplicación de regresiones lineales para la realización de las operaciones y obtención de los resultados. Las operaciones de correlaciones concomitantes, de las variables que resultaron de necesarias para comprobar la hipótesis fueron:  
G.1 ) Descenso del manto freático - Hundimiento del terreno.  
G.2 ) Extracción de agua- Área de Producción agrícola de jugo.  
G.3 ) Crecimiento de población - Crecimiento físico urbano.

Al igual que la interpretación de los mismos, otra tarea fue buscar los soportes racionales que permitieron deducir las consecuencias específicas.

H ) SINTESIS, a manera de ver el problema en su conjunto, y procediendo de lo simple a lo complejo, se efectuó una explicación del fenómeno, la comparación de la hipótesis central original y los supuestos auxiliares, con los resultados, la valoración de los resultados, y la inferencia de las conclusiones.

I) CONCLUSIONES, se presentó el contenido al que se llegó después de haberse tratado el tema y se finalizó con las recomendaciones(2).

### Sistema de trabajo.

Este 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 de acuerdo con su posición dentro de la estructura del sistema.

A ) Con el objeto de mantener orden en la disposición de los datos, se organizaron según género tipo y clase, a su vez según la secuencia cronológica a través del tiempo, utilizando un modelo de la dinámica del fenómeno, de la familia de los cronogramas evaluando la mecánica con la que funcionan los elementos, los nexos pertinentes, las jerarquías o determinaciones de unos sobre otros.

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

---

(2) Bunge Mario, Op. Cit.

EL CRECIMIENTO URBANO, CAMBIOS EN LOS USOS DEL SUELO Y EFECTOS EN LA  
HIDROLOGÍA, XOCHIMILCO, D.F., DE 1930 A 2000.

Debido al empleo de series de tiempo para correlacionar las variables durante el diagnóstico, se consideró la posible existencia de errores correlacionados, por ello 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 colinealidad, 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.
- Linealizar el modelo según conviniese.
- 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 autocorrelación 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 manera en su ausencia. Otra manera de apreciar la inexistencia de autocorrelación 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 autocorrelacionadas, 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 que un valor positivo o negativo 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 pérdida de  $y$  basada en  $X$  o bien que tan inexacta puede ser la estimación(3).

## VII EL CRECIMIENTO URBANO.

El procedimiento para cuantificar las superficies de crecimiento, consistió en efectuar la interpretación de 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 semirectificaron mediante una base digital de datos SCINSE editada por INEGI para la delegación, haciendo coincidir los trazos de la traza urbana sobre las fotografías aéreas.

Una vez que se fotointerpretó 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:

A ) URBANO, incluye áreas de tipo: habitacional, mixto, comercio, áreas verdes, equipamiento, poblados rurales y viveros con estructuras construidas.

B ) AGRÍCOLA DE JUGO O HUMEDAD, lo constituyen áreas de cultivo en chinampa e inundables.

C ) AGRÍCOLA DE TEMPORAL, incluye también áreas de pastizal.

D ) AREAS NATURALES, incluye zonas arboladas, generalmente con pendiente media, o alta, sin aptitud para aprovechamiento agrícola o pecuario.

La información obtenida a partir de las fotos aéreas fue complementada con planos de uso del suelo esc. 1:30,000, de 1976 y 1982 de la Comisión Coordinadora Para el Desarrollo Rural del Gobierno del Distrito Federal así como con la información proporcionada por el Dr. Jorge Cervantes Borja, como las fotografías aéreas de 1941 y 1950 no cubren la totalidad del área de cultivo de jugo o humedad, se ajustaron las áreas en plano para coincidir con las cifras de los Censos Económicos Agrícola Ganadero para esos periodos.

Las áreas computadas (ver los mapas 2,3,4) arrojaron las siguientes cifras de crecimiento delegacional físico urbano:

Tasas de Crecimiento Uso de Suelo Urbano:		
Año:	Extensión en has:	Tasa de crecimiento en has/año:
1941	391.45	-
1950	493.49	11.33
1970	1,245.93	37.62
1996	6,527.28	330.08
Tasa Promedio en el Periodo:		203.14

## VIII CAMBIOS EN LOS USOS DEL SUELO

Los resultados del manejo de la información arrojaron resultados ya esperados, en cuanto a las tendencias de crecimiento de uso urbano, encontramos que en las fotografías aéreas de 1941 la extensión del poblado de Xochimilco (que aún no alcanzaba a conurbarse), sumada con las áreas de las localidades rurales la delegación alcanzan solo 3.13%, la mayor parte del territorio de la delegación es 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, llegando a 9.95% en 1970.

Se apreció 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.



EL CRECIMIENTO URBANO, CAMBIOS EN LOS USOS DEL SUELO Y EFECTOS EN LA  
HIDROLOGÍA, XOCHIMILCO, D.F., DE 1930 A 2000.

**Cuantificación de áreas de Usos del Suelo en 1941**

<b>USO DE SUELO URBANO:</b>		
U-1	105.84	177.64 Has.
U-2	6.47	10.86 Has.
U-3	3.02	5.07 Has.
U-4	28.21	47.35 Has.
U-5	10.09	16.94 Has.
U-6	21.77	36.54 Has.
U-7	5.46	9.16 Has.
U-8	3.79	6.36 Has.
U-9	7.31	12.27 Has.
U-10	5.46	9.16 Has.
U-11	12.06	20.24 Has.
U-12	-4.49	7.54 Has.
U-13	10.85	18.21 Has.
U-14	8.41	14.12 Has.
	233.23	3.13 391.45 Has.
<b>USO DE SUELO DE AGRICULTURA JUGO O HUMEDAD</b>		
AJ-1	1337.99	2245.68 Has.
	1337.99	17.94 2245.68 Has.
<b>USO DE SUELO DE AGRICULTURA TEMPORAL O PASTIZAL</b>		
AT-1	665.75	1117.39 Has.
AT-2	3992.18	6700.47 Has.
	-348.51 áreas naturales	-584.94 Has.
	-74.28 áreas urbanas	-124.67 Has.
	4235.14	56.79 7108.26 Has.
<b>USO DEL SUELO DE AREAS NATURALES</b>		
EA-1	8.01	13.44 Has.
EA-2	45.54	76.43 Has.
EA-3	13.6	22.83 Has.
EA-4	8.59	14.42 Has.
EA-5	88.94	149.28 Has.
EA-6	122.33	205.32 Has.
EA-7	25.57	42.92 Has.
EA-8	26.17	43.92 Has.
EA-9	28.75	48.25 Has.
EA-10	5.4	9.06 Has.
EA-11	33.9	56.90 Has.
EA-12	101.77	170.81 Has.
EA-13	422.88	709.76 Has.
EA-14	12.71	21.33 Has.
EA-15	1.91	3.21 Has.
EA-16	17.8	29.88 Has.
EA-17	8.75	14.69 Has.
EA-18	55.29	92.80 Has.
EA-19	623.36	1046.25 Has.
	-15.34	-25.75 Has.
	1651.27	22.14 2771.49 Has.
		12516.89 Has.





EL CRECIMIENTO URBANO, CAMBIOS EN LOS USOS DEL SUELO Y EFECTOS EN LA  
HIDROLOGÍA, XOCHIMILCO, D.F., DE 1930 A 2000.

**Cuantificación de áreas de Usos del Suelo en 1950**

<b>USO DE SUELO URBANO:</b>		
U-1	140.2	236.91 Has.
U-2	14.82	25.04 Has.
U-3	3.02	5.10 Has.
U-4	33.14	56.00 Has.
U-5	17	28.73 Has.
U-6	27.3	46.13 Has.
U-7	5.46	9.23 Has.
U-8	3.79	6.40 Has.
U-9	10.58	17.88 Has.
U-10	6.85	11.58 Has.
U-11	12.06	20.38 Has.
U-12	4.49	7.59 Has.
U-13	10.56	17.84 Has.
U-14	2.77	4.68 Has.
	292.04	3.94 493.49 Has.
<b>USO DE SUELO DE AGRICULTURA JUGO O HUMEDAD</b>		
AJ-1	1286.2	2173.41 Has.
	1286.2	17.36 2173.41 Has.
<b>USO DE SUELO DE AGRICULTURA TEMPORAL O PASTIZAL</b>		
AT-1	665.75	1124.98 Has.
AT-2	3955.79	6684.45 Has.
	-292.93 áreas naturales	-494.99 Has.
	-102.25 áreas urbanas	-172.78 Has.
	4226.36	57.06 7141.66 Has.
EA-1	8.01	13.54 Has.
EA-2	37.17	62.81 Has.
EA-3	13.6	22.98 Has.
EA-4	8.59	14.52 Has.
EA-5	88.94	150.29 Has.
EA-6	122.33	206.71 Has.
EA-7	25.57	43.21 Has.
EA-8	26.17	44.22 Has.
EA-9	15.41	26.04 Has.
EA-10	5.4	9.12 Has.
EA-11	33.9	57.28 Has.
EA-12	80.58	136.16 Has.
EA-13	422.88	714.58 Has.
EA-14	12.71	21.48 Has.
EA-15	1.91	3.23 Has.
EA-16	17.8	30.08 Has.
EA-17	8.75	14.79 Has.
EA-18	55.29	93.43 Has.
EA-19	622.3	1051.56 Has.
	-4.49 área U12	-7.59 Has.
	1602.82	21.64 2708.43 Has.
		12516.98 Has.



EL CRECIMIENTO URBANO, CAMBIOS EN LOS USOS DEL SUELO Y EFECTOS EN LA  
HIDROLOGÍA, XOCHIMILCO, D.F., DE 1930 A 2000.

**Cuantificación de áreas de Usos del Suelo en 1970**

<b>USO DE SUELO URBANO:</b>		
U-1	305.85	537.81 Has.
U-2	33.9	59.61 Has.
U-3	32.78	57.64 Has.
U-4	55.87	98.24 Has.
U-5	16.45	28.93 Has.
U-6	50.5	88.80 Has.
U-7	5.48	9.64 Has.
U-8	3.79	6.66 Has.
U-9	10.56	18.57 Has.
U-10	54.63	96.06 Has.
U-11	32.44	57.04 Has.
U-12	9.01	15.84 Has.
U-13	75.56	132.86 Has.
U-14	5.61	9.86 Has.
U-15	16.13	28.36 Has.
	708.56	9.95 1245.93 Has.
<b>USO DE SUELO DE AGRICULTURA JUGO O HUMEDAD</b>		
AJ-1	1250.12	2198.21 Has.
	1250.12	17.56 2198.21 Has.
<b>USO DE SUELO DE AGRICULTURA TEMPORAL O PASTIZAL</b>		
AT-1	3413.31	6001.97 Has.
AT-2	796.6	1400.74 Has.
	4209.91	59.14 7402.72 Has.
<b>USO DE SUELO DE ÁREAS NATURALES</b>		
EA-1	65.83	115.76 Has.
EA-2	31.9	56.09 Has.
EA-3	121.89	214.33 Has.
EA-4	6.15	10.81 Has.
EA-5	1.98	3.48 Has.
EA-6	8.93	15.70 Has.
EA-7	37.17	65.36 Has.
	8.01	14.08 Has.
EA-8	6.55	11.52 Has.
EA-9	17.18	30.21 Has.
EA-10	26.17	46.02 Has.
EA-11	22.67	39.86 Has.
EA-12	5.4	9.50 Has.
EA-13	20.4	35.87 Has.
EA-14	119.52	210.16 Has.
EA-15	33.9	59.61 Has.
EA-16	12.83	22.56 Has.
EA-17	1.94	3.41 Has.
EA-18	17.93	31.53 Has.
EA-19	80.76	142.01 Has.
EA-20	71.83	126.31 Has.
EA-21	230.86	405.94 Has.
	949.8	13.34 1670.13 Has.
	7118.39	12517.00 Has.

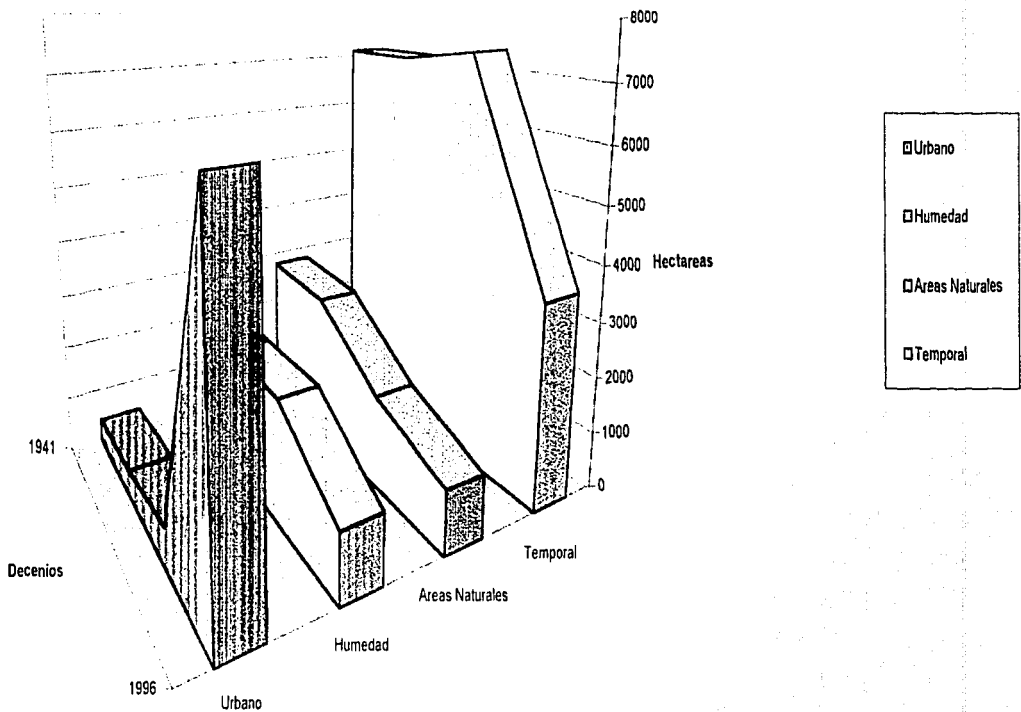


EL CRECIMIENTO URBANO, CAMBIOS EN LOS USOS DEL SUELO Y EFECTOS EN LA  
HIDROLOGÍA, XOCHIMILCO, D.F., DE 1930 A 2000.

**Cuantificación de áreas de Usos del Suelo en 1996**

<b>USO DE SUELO URBANO:</b>		
U-1	125.41	208.67 Has.
U-2	295.89	492.34 Has.
U-3	3347.55	5570.09 Has.
U-4	0	0.00 Has.
U-5	125.86	209.42 Has.
U-6	5.55	9.23 Has.
U-7	0	0.00 Has.
U-8	0	0.00 Has.
U-9	22.85	38.02 Has.
	3923.11	52.15 6527.78 Has.
<b>USO DE SUELO DE AGRICULTURA JUGO O HUMEDAD</b>		
AJ-1	723.58	1203.99 Has.
	723.58	9.62 1203.99 Has.
<b>USO DE SUELO DE AGRICULTURA TEMPORAL O PASTIZAL</b>		
AT-1	2176.35	3621.29 Has.
AT-2	5.5	9.15 Has.
AT-3	0.18	0.30 Has.
AT-4	2.3	3.83 Has.
AT-5	2.12	3.53 Has.
AT-6	2.8	4.66 Has.
AT-7	12.07	20.08 Has.
	2201.32	29.26 3662.84 Has.
<b>USO DE SUELO DE AREAS NATURALES</b>		
EA-1	9.63	16.02 Has.
EA-2	31.9	53.08 Has.
EA-3	122.61	204.01 Has.
EA-4	2.6	4.33 Has.
EA-5	3.2	5.32 Has.
EA-6	1.6	2.66 Has.
EA-7	2.9	4.83 Has.
EA-8	1.1	1.83 Has.
EA-9	1.2	2.00 Has.
EA-10	1.1	1.83 Has.
EA-11	1.2	2.00 Has.
EA-12	230.86	384.13 Has.
EA-13	2.4	3.99 Has.
EA-14	1.1	1.83 Has.
EA-15	4.66	7.75 Has.
EA-16	56.38	93.81 Has.
EA-17	80.58	134.08 Has.
EA-18	119.52	198.87 Has.
EA-19	0	0.00 Has.
EA-20	0	0.00 Has.
EA-21	0	0.00 Has.
	674.54	8.97 1122.39 Has.
		12517.00 Has.

# Cambios en los Usos del Suelo



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

28-A

## EL CRECIMIENTO URBANO. CAMBIOS EN LOS USOS DEL SUELO Y EFECTOS EN LA HIDROLOGÍA. XOCHIMILCO D.F. DE 1930 A 2000

De 1950 a 1970 y coincidentemente con la información obtenida en el Censo agrícola, la superficie de agricultura de temporal prácticamente se mantuvo de 4,226 has. a 4,209 has.

Mientras la superficie de jugo o humedad descendió de 1,337 has. en 1940 hasta 1,286 ha. en 1950, para ir descendiendo su presencia a 723 has. apreciadas en las fotografías de 1996, de las cuales la mayor parte es área inundable o sin cultivo, y menor la de aprovechamiento.

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 segundo, cuando el crecimiento llega a integrar a los poblados que anteriormente existían separados entre Xochimilco y San Luis Tlaxitelmanco, convirtiéndolos en ese momento, en parte del "continuum" urbano.

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 ya explicados, alcanzándose el 52.4% de zonas construidas, 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.

### Cambios de la forma urbana.

Si consideramos a la topografía y a la hidrología como elementos determinantes en el origen de la forma de las ciudades, y al referirnos a Xochimilco, habría que salir del marco histórico para remontarse al periodo prehispánico, de tales épocas aún subsiste una zona arqueológica, (ubicada al sur de lo que ahora es la Colonia San Juan de Minas), de la cual se puede decir que se ubicaba en las zonas de lomerío sobre una formación topográfica muy interesante ya que es una meseta de forma relativamente regular, alargada en dirección norte-sur, sobre la cual no existen rasgos de traza urbana, únicamente de trabajos de terraceo, sin embargo lo interesante es la posibilidad de explicar su ubicación en cotas altimétricas arriba de 2250 m.s.n.m. con la hipótesis de que tal ubicación tuviese que ver con los niveles de agua o inundaciones en el siglo VII d.c.

LA CELULA 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 desciende, 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 ocasionando estas 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.



NUCLEO DE ORIGEN



EL CRECIMIENTO URBANO, CAMBIOS EN LOS USOS DEL SUELO Y EFECTOS EN LA  
HIDROLOGÍA, XOCHIMILCO, D.F., DE 1930 A 2000

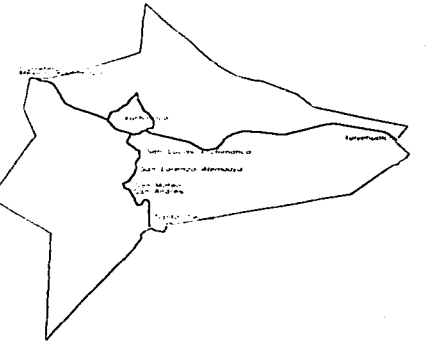
EL ESTÍMULO DE LAS VIALIDADES, ya para 1941 se aprecia la competencia entre los canales con la que entonces se llamaba Carretera México-Xochimilco y que ahora es la Av. Ignacio Ramírez, la principal conexión entre vías terrestres y lacustres formando un embarcadero cuya traza geométrica semicircular dio origen a una plazaleta, 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 las de aproximadamente la cota 2450 m.s.n.m. que es 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 a través de él, todos los núcleos que existían incipientemente en 1950 y que ahora se han consolidado aumentando su densidad y fortaleciendo su infraestructura.

PRONOSTICO DE FORMA, es probable que con la incorporación de redes de agua potable cerca de la cota 2450 m.s.n.m. (Acuaferico), la mancha urbana crezca aun más hacia los lomeríos, y este sea un umbral para el crecimiento hacia las zonas con 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, comunicando interurbanamente al poblado de Santa Cecilia y que ocasionó la posterior conurbación de los poblados servidos entre Xochimilco y el poblado de Santa Cecilia, corre en sentido norte-sur, opuesto a la dirección predominante en la topografía de la formación.

Todavía en 1950 existía un poblado principal, de crecimiento concéntrico irregularmente radial y varios polos nucleicos a lo largo de las carreteras hacia Tulyehualco y Santa Cecilia, así como las vialidades de acceso a la Ciudad de México por agua y tierra, resultado de la gran atracción magnética que siempre ha ocasionado la metrópoli sobre la delegación.

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 actual patrón.



CRECIMIENTO URBANO SOBRE VIALIDADES

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

EL CRECIMIENTO URBANO, CAMBIOS EN LOS USOS DEL SUELO Y EFECTOS EN LA  
HIDROLOGÍA, XOCHIMILCO. D.F., DE 1930 A 2000.

**Cambios demográficos.**

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 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 a nivel de 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 "estudio de caso", 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 "shift and share", suponiendo que cambios en los niveles superiores de análisis serán compartidos y transportados hacia el ámbito local.

Por ello, se recurre a advertir como en el ámbito nacional, la tasa de crecimiento total y natural se mantuvo en 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.

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 periodo 50-70 fue de 37.62 ha./año, incrementándose durante 70-90 a 330.08 ha./año).

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

( 2 ) La Situación Demográfica de México, 2000, Consejo Nacional de Población, México, 2000.

### **Programa Delegacional de Desarrollo Urbano**

Publicado en la gaceta Oficial el 31 de Julio de 1997, e incluido en el registro de planes y programas de desarrollo urbano, contempla fundamentalmente un problema, la dificultad de controlar las áreas de utilidad para el equilibrio ecológico, entre ellas el área natural protegida desde el 7 de Mayo de 1992, que incluye la zona del ex vaso del lago y las chinampas, y contempla la normatividad de uso del suelo referente a la Conservación para Producción Rural Agroindustrial, señalándose:

"Los usos permitidos cuando impliquen construcción a cielo abierto, no podrán exceder de un nivel y del 3% de la superficie del terreno como área de desplante. La superficie que se destine a plazas, andadores y caminos no podrán exceder del 3% de la superficie total del terreno debiendo garantizar su permeabilidad".

Como se aprecia al observar los esquemas de usos de suelo, en la pag. 27, la tendencia a ocupar esta zona natural protegida conserva su velocidad de expansión, por otro lado, las zonas de mayor infiltración de agua para la recarga de acuíferos ubicadas en la topografía de estratovolcán, mantienen predominantemente la normatividad de usos del suelo de conservación, en el rubro Área de Preservación Ecológica, señalándose:

"Solo se permitirá la construcción cuando se trate de instalaciones vinculadas a actividades relacionadas y afines a los usos permitidos que en ningún caso significarán obras de urbanización. La construcción a cubierto no podrá exceder del 1.0% de la superficie total del terreno, y el acondicionamiento de andadores y vialidades no podrá exceder del 2% de la superficie total del terreno debiendo garantizar la permeabilidad del terreno, el 97% restante, se deberá dejar a la silvicultura, en los términos que señale la legislación en la materia".

No obstante la existencia desde hace un tiempo relativamente largo de instrumentos de planeación, así como el esfuerzo por operar el plan, en lo práctico y en particular en los casos de las zonas de conservación referidas, el programa delegacional ha perdido la capacidad de detener la presión de los propietarios para construir en sus predios más allá de la capacidad de los usos permitidos, y de las normas señaladas, sobrepasando los lineamientos del programa de manera múltiple y constante.

La mejor evidencia de la ineficiencia del Programa de Desarrollo Urbano es el hecho que la zona sur del área natural protegida en 1992, para 1997, se incluye en las Áreas de Actuación con políticas de rescate ecológico de una zona urbanizada de 2.3 Km<sup>2</sup>, donde según esto deberían efectuarse programas con acciones de restauración y reforestación, en el mismo sitio, incongruentemente se consolidan no solo las áreas privadas urbanizadas, sino también las vialidades y redes de infraestructura, se observa 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.

La causa de este ablandamiento de las autoridades, se debe en principio a la dificultad de la fuerza pública para controlar la construcción espontánea, por otra parte, los organismos encargados, extienden permisos de construcción mediante excesivas concesiones fuera de normatividad.

En el fondo, un gran obstáculo para planificar es la actitud de las autoridades administrativas, quienes permiten el crecimiento de manera discrecional con objeto de evitar cualquier conflicto político social, incumpliendo con las responsabilidades de su función, sin valorar como el seguimiento que se dé a los programas de desarrollo urbano, tendrá consecuencias en muchos sentidos, sobre la forma de vida de las generaciones futuras.

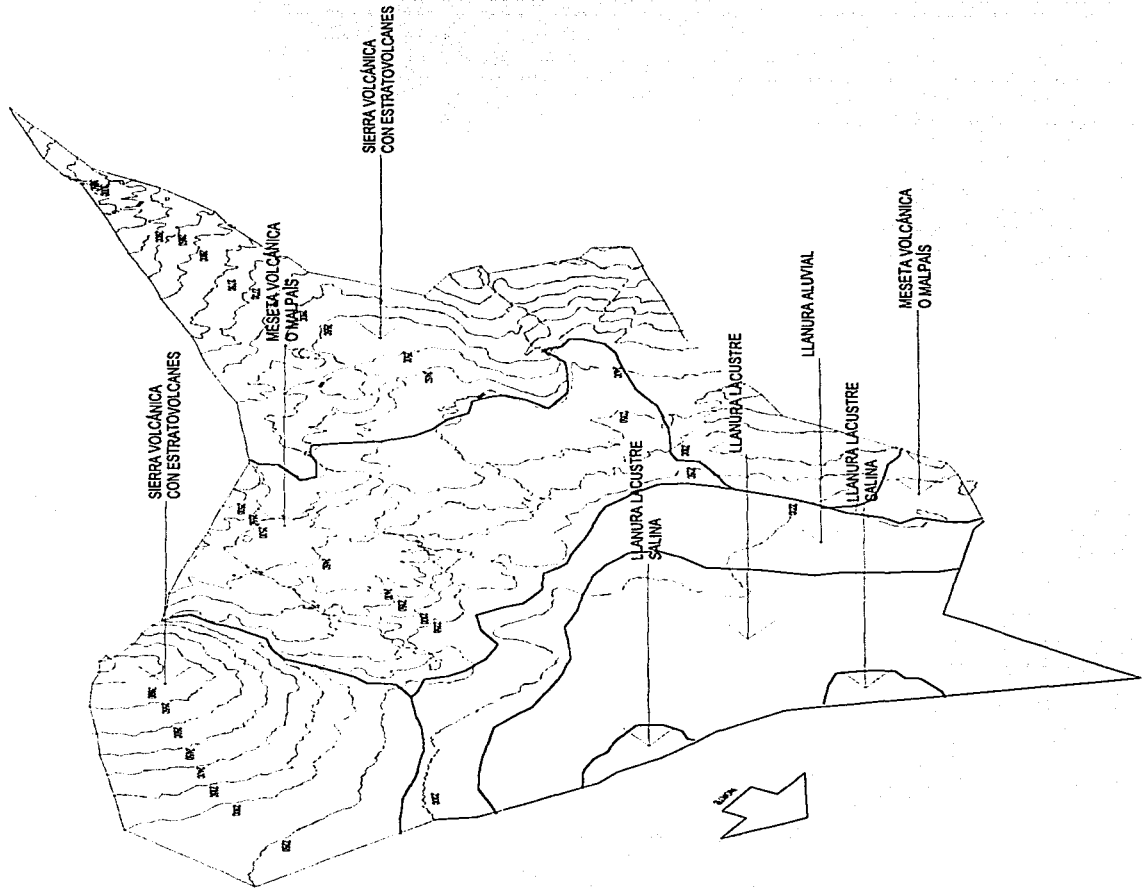
El actual gobierno de la entidad ha emitido el Bando de Gobierno número 2 el cual pretende evitar el crecimiento en la periferia para revertir la tendencia de migración en las delegaciones centrales de la ciudad, sin embargo se requiere ofrecer mayores vías de estímulo para lograr tales políticas.





EL CRECIMIENTO URBANO, CAMBIOS EN LOS USOS DEL SUELO Y EFECTOS EN LA  
HIDROLOGÍA, XOCHIMILCO, D.F., DE 1930 A 2000.

Mapa 7, Topoformas.



Nota: La escala vertical corresponde 3:1 veces la escala horizontal.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

### **Hidrología superficial.**

LA CUENCA a la que pertenece la delegación es endorreica, caracterizada en el pasado por un enorme lago que tenía aportaciones superficiales y subterráneas.

La Delegación Xochimilco incluye 30% de su territorio dentro de la Subcuenca II, y el 70% restante, forma parte de la Subcuenca I, de la cuenca cerrada del Valle de México, a su vez integrante de la Región Hidrológica núm. 26, denominada Texcoco-Zumpango, ver Mapa 1 en pag. 10.

LAS CORRIENTES SUPERFICIALES, son en la actualidad intermitentes, integradas por los canales; Nacional, Chalco, Cuemanco, El Bordo, San Juan, Amecameca, Apatlaco y Santa Cruz, y los escurrimientos; San Lucas y Tepapantla, con aportaciones en la temporada de lluvias, siendo sus caudales negligibles para el balance hidráulico, ya que la permeabilidad del suelo en la zona de serranía hacen que la mayor parte de la precipitación se infiltre, y alcanzando en su curso las formaciones de suelo impermeable en la planicie, su caudal se evapora.

Los manantiales frecuentes en número y abundantes hasta 1930, han perdido su gasto debido al descenso de los niveles piezométricos de los mantos que los alimentaban.

Aun cuando la pendiente topográfica en la zona de la serranía es relativamente alta como para favorecer el escurrimiento superficial, hacia corrientes de superficie, debido a cualidades geohidrológicas se considera que únicamente el 1% del volumen precipitado total es canalizado hacia almacenamientos superficiales.

CUERPOS DE AGUA, existen dos cuerpos lénticos, y funcionan independientemente:

El vasoregulador San Lucas, aprovecha los escasos escurrimientos superficiales de las corrientes intermitentes San Lucas, y Tepapantla, ubicado al pie de la serranía, funciona predominantemente como equipamiento de amortiguamiento de riesgos hidrometeorológicos e infraestructura de almacenamiento.

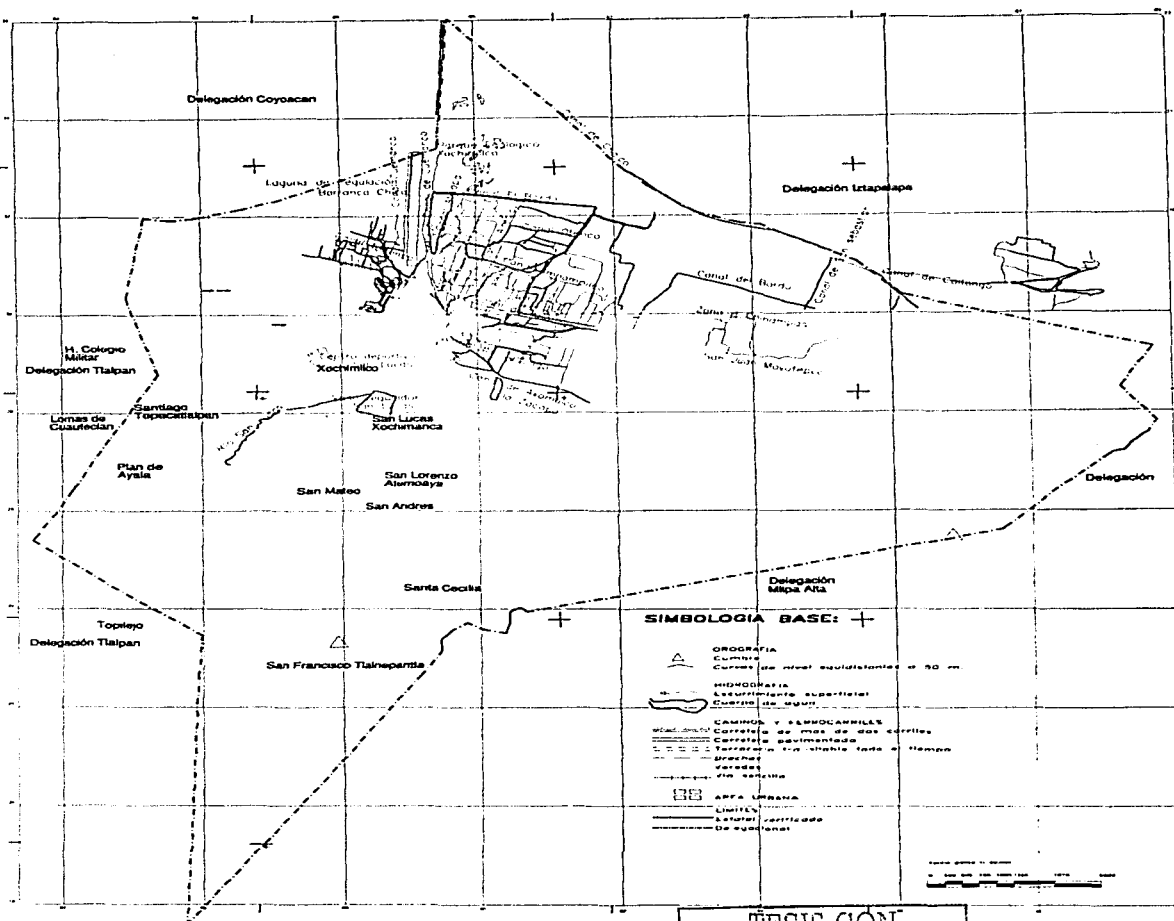
La pista de remo Virgilio Uribe que junto con el sistema de canales, se abastece principalmente de aguas de rehuso de la planta del cerro de la Estrella, y secundariamente por la precipitación estacional que escurre sobre suelo lacustre de baja permeabilidad, formando inundaciones en la zona del exlago durante la temporada de lluvias, en tiempos de estiaje disminuye notablemente su caudal.

APORTES ARTIFICIALES, desde 1958 cuando se construyó la planta de tratamiento del Cerro de la Estrella, los cuerpos de agua de los canales que aún quedan, son predominantemente abastecidos por el manejo estacional artificial con un promedio anual de 2.5 m<sup>3</sup>/seg. provenientes de las aguas tratadas de la planta, se necesita precisar que aún cuando no es el tema de este trabajo se podría llevar a cabo todo un estudio respecto al impacto ecológico provocado por la contaminación del agua tratada en el sitio.

COMUNICACIÓN CON LOS MANTOS SUBTERRÁNEOS, existe escasa o despreciable relación entre el cuerpo de agua superficial y los mantos de extracción (se encuentran a profundidades cercanas a los 30 m.), ya que se consideran prácticamente impermeables las capas en la zona plana del exvaso lacustre, debido a que geológicamente son estratos de depósitos lacustres, su coeficiente de transmisividad varía entre 0.35 a 3.15 metros por año.

EL CRECIMIENTO URBANO, CAMBIOS EN LOS USOS DEL SUELO Y EFECTOS EN LA  
HIDROLOGÍA, XOCHIMILCO, D.F., DE 1930 A 2000.

Plano 8, Hidrología superficial.





### Clima.

La delegación, se ubica dentro del tipo de clima templado subhúmedo con lluvias en verano, con subtipos de mayor humedad(26.53%) en la sierra volcánica, humedad media (60.83%) en la meseta volcánica y llanura aluvial, de menor humedad (10.81%) en la llanura lacustre y el resto (1.83%) se clasifica como Semifrío, subhúmedo de mayor humedad en la zona septentrional (1), aportando Xochimilco el 6.92 % del total de los aportes en la Cuenca del Valle de México.

Para la delegación Moyoguarda (19-16, 99-0, 2240 m.s.n.m.) (2).

### Precipitación efectiva.

Se tomó en cuenta el índice de humedad propuesto por Thornwhite (1931), que calcula la humedad efectiva partiendo de la precipitación y de la evaporación, por medio de la expresión  $P/E$ , pero como no en todas las estaciones se tiene el dato de evaporación, Thornwhite trató de encontrar otra expresión equivalente en función de los datos de lluvia y temperatura media, llegando a la fórmula :

La suma de 1 a 12 de  $i = P/E$  equivalente a  $11.5 (P/T - 10) * 10 / 9$

Aplicando los datos de la fórmula se tiene un valor mensual de  $i$ , y a la suma de los 12 valores se le llama " índice de efectividad de precipitación ".

Respecto a la temperatura y de manera empírica, Thornwhite establece la fórmula siguiente para calcular lo que llama " Índice de la eficiencia de la temperatura ", en tanto que a la suma de los 12 valores los denomina " Índice de la eficiencia de la temperatura " ( $i'$ ).(3).

La suma de valores de 1 a 12 de  $i' = T-32/4$

Este sistema aplicado a la República Mexicana resulta:

Humedad		Temperatura	
Valor de $i$		Valor de $i'$	
128 o más	Muy húmedo	128 o más	Cálido
64 a 127	Húmedo	101 a 127	Semicálido
32 a 63	Semiseco	80 a 100	Templado
16 a 31	Seco	64 a 79	Semifrío
16 o menos	Muy seco	32 a 63	Frío
		16 a 31	De taiga
		1 a 15	De tundra

En concordancia, al observar los climogramas anexos encontramos que muestran un comportamiento de zonas templadas, encontrándose tres estaciones dentro del rango térmico templado, con tres meses en el rango frío y uno frío.

En referencia a la humedad se aprecia que los valores van en aumento de los meses fríos a cálidos, presentándose la eficiencia de Marzo a Junio, cuando la estación alcanza su máximo caldeoamiento antes de ser amortiguado por las precipitaciones.

(1) Programa hidráulico delegacional Xochimilco, 2001-2005, DGCOH.2001.

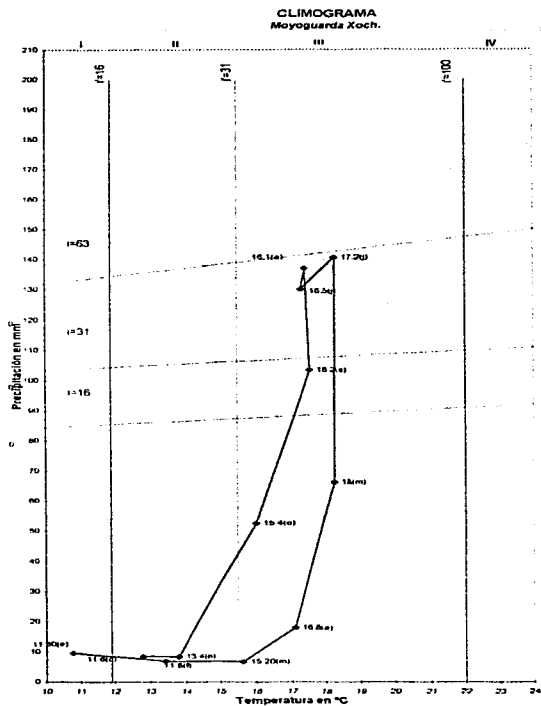
(2) Memorias del drenaje profundo, 1975.D.G.C.O.H., D.D.F.

(3) Meza S. Magdalena, Análisis Morfoclimático de la Cuenca del Río Tlalnepanitla, 1978,UNAM.

EL CRECIMIENTO URBANO, CAMBIOS EN LOS USOS DEL SUELO Y EFECTOS EN LA  
HIDROLOGÍA, XOCHIMILCO. D.F., DE 1930 A 2000.

Datos cuadro base	
11.9	0
11.9	200
15.5	0
15.5	200
22	0
22	200
0	79
24	92
0	98
24	111
0	119
24	150
10.76	9.66
13.42	7.01
15.63	6.85
17.09	18.01
18.26	68.29
18.27	140.68
17.28	130.07
17.4	137.02
17.54	103.51
16.01	52.69
13.78	8.51
12.79	8.45

Datos del  
Climograma



SIMBOLOGÍA de los índices $i$ e $i'$		
HUMEDAD		
Valor de índice $i$	Rango de humedad	Símbolo
De 64 a 127	HUMEDO	
De 32 a 63	SEMISECO	
De 16 a 31	SECO	
Menor de 16	MUY SECO	
TEMPERATURA		
Valor de índice $i'$	Rango de humedad	Símbolo
128 o mayor	CALIDO	V
De 101 a 127	SEMICALIDO	IV
De 31 a 100	TEMPLADO	III
De 16 a 31	SEMIFRIO	II
De 1 a 15	FRIO	I

NORMALES CLIMATOLÓGICAS

1951 - 1980

ESTACION  
ESTADO  
CLIMA:

Moyagüeta  
Aschmuns D.F.

LATITUD 19-16  
LONGITUD 99-00  
ALTITUD 2280 M.S.N.M.

EL CRECIMIENTO URBANO, CAMBIOS EN LOS USOS DEL SUELO Y EFECTOS EN LA

Parámetros	Años	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Anual
<b>TEMPERATURAS</b>														
Máxima extrema	11	26.12	26.41	28.05	32.6	30.65	28.73	26.7	27.5	26.5	25.59	25.45	24.9	31.0
fecha (día/año)														
Promedio de máxima	11	20.85	20.85	24.31	26.5	27.05	25.37	23.65	23.79	23.33	23.03	22.39	21.7	23.6
Medio	11	10.74	13.42	15.63	17.03	18.25	19.27	17.25	17.4	17.54	16.01	13.76	12.79	15.7
Promedio de mínima	11	2.87	2.78	5.49	7.69	9.39	11.2	10.78	10.64	11.17	8.44	5.21	4.22	7.5
Mínima extrema	11	-1.15	0.02	2.25	4.67	6.7	7.05	7.94	7.6	6.35	4.83	1.22	0.17	-1.2
fecha (día/año)														
Oscilación	11	17.5	18.9	19.4	18.5	17.3	13.9	12.6	13.1	11.8	13.8	15.9	16.5	15.9
<b>PRECIPITACIÓN</b>														
Medio	10	9.66	7.01	6.85	18.01	66.29	140.68	130.07	137.02	103.51	52.69	8.51	9.45	688.8
Máxima	10	56.4	21.9	20.7	55.2	164	154	205.4	187	180.9	118.6	20.9	32.7	206.4
fecha (año)														
Máxima del mes en 24 hrs	10	17.5	9	35.4	26.5	80.2	39.2	42.5	49.3	42.3	35.3	8.2	16.7	80.2
fecha (día/año)														
Mínima	10	0.5	0.9	0.6	1	23.9	425.3	51.6	55.3	55.8	1.4	5.8	0.5	0.5
fecha (año)														
<b>VIENTO</b>														
Dirección														
Intensidad														
Frecuencia														
<b>EVAPORACIÓN Y HUMEDAD RELATIVA</b>														
Evap	10	10	10	10	10	140	115	110	115	65	90	85	50	1370.00
ETP		23.3	23.8	29.0	51.0	105.2	126.2	130.2	121.8	62.9	25.3	21.9	22.2	752.8
H.R.		0.8	0.5	0.4	1.1	4.0	8.4	8.0	8.4	6.3	3.4	0.6	0.6	42.6
H.R.		4.8	6.0	7.0	7.7	8.2	8.2	7.8	7.8	7.9	7.2	6.2	5.8	84.7

Unidades: TEMPERATURA (°C), HUMEDAD RELATIVA (%), EVAPORACIÓN Y PRECIPITACIÓN (mm) y PRESIÓN (hPa)

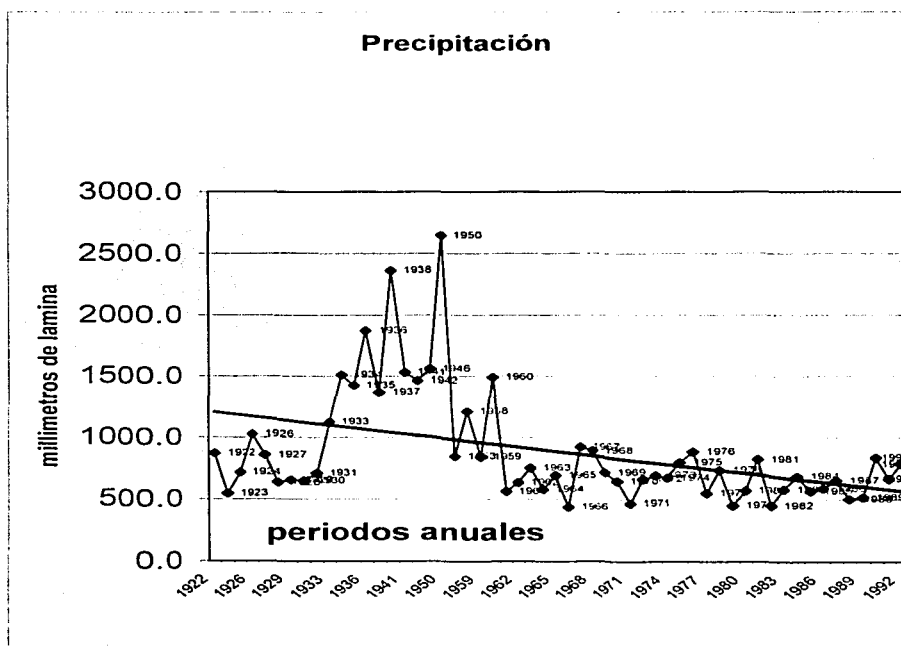
	T media anual	P anual	T mes mas frío	T mes mas cal	P mes mas seco	P mes mas hurr	OSC	P/T	% P invernal	% P may-oct	T media max ext	T media min ext	P media máxima	P media mínima
	15.7	688.8	10.8	16.3	6.9	140.7	7.5	43.9	8.5	91.5	31.0	-1.2	206.4	0.5

TESIS CON FALTA DE ORIGEN

### Análisis de tendencia de precipitación en el tiempo.

Como puede apreciarse en la gráfica correspondiente, los valores de observaciones efectuadas en Xochimilco, hasta antes de 1950 son mayores a los registrados recientemente aun cuando el fenómeno sigue tal tendencia, y en virtud de muy pequeña la disminución anual encontrada, ya que la tendencia media varía de 1150mm. de precipitación anual en 1922, a 950 mm. en 1990 significando un descenso medio de 200 mm. en 68 años (4).

Lo que resulta un decremento de 2.9 mm. anual que significa un .003% del volumen de precipitación medio anual, valor poco significativo, por lo que tal factor se consideró como constante para el periodo de tiempo de nuestro marco, sin embargo, no es ocioso señalar que tal tendencia es preocupante hacia la disminución de lluvia en la región de estudio.



(4) Boletines Meteorológicos de 1910 a 1960 de las estaciones Xochimilco y San Gregorio (09-099).

EL CRECIMIENTO URBANO, CAMBIOS EN LOS USOS DEL SUELO Y EFECTOS EN LA  
HIDROLOGÍA, XOCHIMILCO, D.F., DE 1930 A 2000.

MEDIDAS DE DISPERSIÓN Año	Precip. Tot. Ar	Por orden	Desv. Media	Varianza	Clases		Frec. Abs.	
					Límite inf.	Límite Sup.		
1922	871.1	434.5	454.8	206843	400	499	4	440.9
1923	546.0	447.3	442.0	195364	500	599	10	556.0
1924	718.0	447.4	441.9	195276	600	699	12	662.3
1926	1027.0	464.3	425.0	180625	700	799	7	744.9
1927	859.9	501.3	388.0	150544	800	899	8	858.1
1928	635.1	515.5	373.8	139726	900	999	1	924.5
1929	656.1	546.0	343.3	117855	1000	1099	1	1027.0
1930	649.6	549	340.3	115804	1100	1199	1	1128.3
1931	708.5	563.3	326.0	106276	1200	1299	1	1214.1
1933	1128.3	566.1	323.2	104458	1300	1399	1	1369.0
1934	1509.5	570.2	319.1	101825	1400	1499	3	1460.0
1935	1423.7	579.6	309.7	95914	1500	1599	3	1534.5
1936	1871.5	580.9	308.4	95111	1600	1699	0	0.0
1937	1369.0	588.3	301.0	90601	1700	1799	0	0.0
1938	2364.9	635.1	254.2	64618	1800	1899	1	1899
1941	1532.1	637.3	252.0	63504	1900	1999	0	0.0
1942	1464.4	646.2	243.1	59098	2000	2099	0	0.0
1946	1562.0	649.6	239.7	57456	2100	2199	0	0.0
1950	2648.0	650.9	238.4	56835	2200	2299	0	0.0
1953	845.9	656.1	233.2	54382	2300	2399	1	2364.9
1958	1214.1	663.6	225.7	50940	2400	2499	0	0.0
1959	842.8	664.5	224.8	50535	2500	2599	0	0.0
1960	1491.8	672.6	216.7	46959	2600	2699	1	2648.0
1961	563.3	684.3	205.0	42025			55	
1962	637.3	692.8	196.5	38612				
1963	754.7	694.1	195.2	38103				
1964	579.6	718.0	171.3	29344				
1965	692.8	708.5	180.8	32689				
1966	434.5	715.8	173.5	30102				
1967	924.5	733.5	155.8	24274				
1968	896.3	754.7	134.6	18117				
1969	715.8	786	103.3	10671				
1970	646.2	797.6	91.7	8409				
1971	464.3	823.7	65.6	4303				
1972	663.6	840.1	49.2	2421				
1973	694.1	842.8	46.5	2162				
1974	672.6	845.9	43.4	1884				
1975	797.6	859.9	29.4	864				
1976	885.3	871.1	18.2	331				
1977	549	885.3	4.0	16				
1978	733.5	896.3	7.0	49				
1979	447.4	924.5	35.2	1239				
1980	570.2	1027.0	137.7	18961				
1981	823.7	1128.3	239.0	57121				
1982	447.4	1214.1	324.8	105495				
1983	580.9	1369.0	479.7	230112				
1984	684.3	1423.7	534.4	285583				
1985	566.1	1464.4	575.1	330740				
1986	588.3	1491.8	602.5	353006				
1987	650.9	1509.5	620.2	384648				
1988	501.3	1532.1	642.8	413192				
1989	515.5	1562.0	672.7	452525				
1990	840.1	1871.5	982.2	964717				
1991	664.5	2364.9	1475.6	2177395				
1992	786	2648.0	1758.7	3093026				

Desv. Media	Varianza
330.5	210231
Desv. Est.	459

Coef. De asimetría de Pearson  
5.59

La media es mayor a la mediana:

Media aritm. 889.3      Mediana 35.5      Rango 2213.5

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## EL CRECIMIENTO URBANO, CAMBIOS EN LOS USOS DEL SUELO Y EFECTOS EN LA HIDROLOGÍA, XOCHIMILCO, D.F., DE 1930 A 2000.

### Infiltración.

El área de la delegación es de 1,251,000 m<sup>2</sup>, la precipitación media anual es de .765 m. se calcula que el precipitado es de 957.015 miles de m<sup>3</sup>/año, equivalentes a 30.35 m<sup>3</sup>/seg. Se considera que: Infiltración = precipitación - (evaporación + evapotranspiración + escurrimiento + 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, de altitudes no mayores a 3000 mts., se observen porcentajes sumamente elevados de pérdidas por evaporación, para 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 pérdida existen diferentes criterios según el tipo de reservorio de agua, el más simple, consiste en sumar las pérdidas de agua al aire debidas a intercambios de humedad del suelo al aire utilizando únicamente al calor sensible ( temperatura ) como la variable independiente, (5).

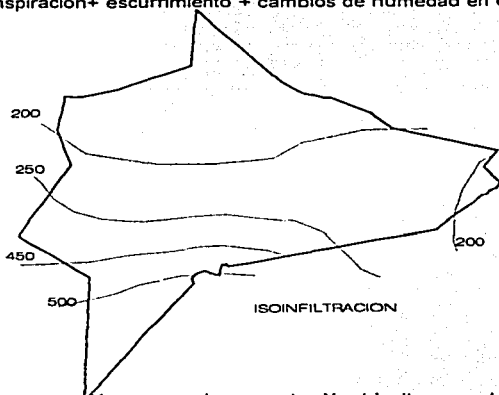
Para corroborar la magnitud de pérdida por evaporación para el caso de Xochimilco, se ha recurrido inicialmente a la carta Evaporación, INEGI escala 1:1,000,000, donde se aprecia para la zona, existe un déficit de 100 a 200 mm. de evapotranspiración media real anual, asignando un valor de 72.8% de evaporación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

En el caso del empleo de criterios mas detallados, para el cálculo de la evapotranspiración, según condiciones específicas, de las poblaciones de vegetación dominante en la zona sur de la delegación, el cálculo se ha realizado de manera experimental, para cultivos específicos, o en ecosistemas, en los cuales el número de variables se mantiene dentro de parámetros relativamente simples, menos complejos que para toda la delegación.

Como puede apreciarse, aparte de la complejidad en el caso de Xochimilco solo hay datos estadísticos de 1963 y 1964 sobre la cuenca del río Milpa Alta, para encontrar un valor ostensiblemente real de la evapotranspiración, el análisis podría simplificarse de encontrar los valores de balance hidráulico del reservorio, sin embargo, para hacerlo, existe la dificultad de establecer con seguridad la magnitud del volumen de agua perdida por escurrimiento superficial, si despejáramos de la ecuación utilizada anteriormente:

Evaporación + evapotranspiración = precipitación - (infiltración + escurrimiento + cambios de humedad en el suelo).

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 (6).



(5) Estimations in natural groundwater, Simmers Ian. NATO, Bruselas, 1967.

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

EL CRECIMIENTO URBANO, CAMBIOS EN LOS USOS DEL SUELO Y EFECTOS EN LA  
HIDROLOGÍA, XOCHIMILCO, D.F., DE 1930 A 2000.

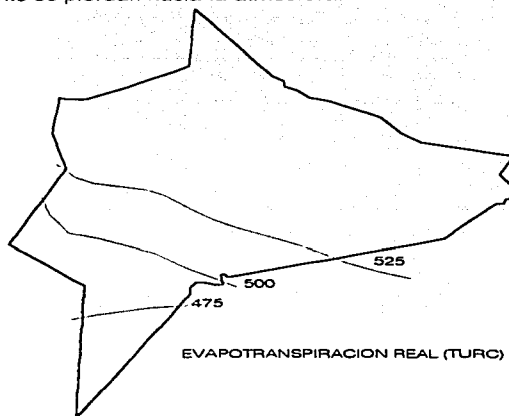
**Evapotranspiración real (Turc).**

La alta evaporación de la zona, (alcanza hasta 170 mm. en el mes de Abril) obliga a que más de la mitad de los volúmenes almacenados superficialmente se pierdan hacia la atmósfera.

Los depósitos subterráneos formados por los flujos laminares, han creado una reserva predominantemente fósil, calculada en alrededor de 4,200 a 16,800 millones de metros cúbicos por Lohenberg en 1973 (7).

Los estudios más detallados respecto a la infiltración real que resta de la precipitación en la zona de estudio, y que servirá como parámetro de comparación en el tiempo, son los efectuados por la CAVM en 1967 en la subcuenca el vertedor Milpa Alta, para los que la media en la estación fue en promedio entre 1959 y 1964, para la evapotranspiración real según el método de Turc, de 518.6 mm. significando el 56.1% del precipitado(8).

Las curvas de Isoevapotranspiración utilizadas para el cálculo de infiltración según aparecen en los esquemas anexos, fueron tomadas de las mediciones efectuadas para el cauce señalado, durante 1963 y 1964 por la SARH donde aparecen cifras que van desde 475 mm. en la parte meridional de la delegación hasta 550 mm. en la zona de pie de monte (9).



Con objeto de comparar los índices de escurrimiento utilizados para nuestro cálculo con los empleados para diferentes usos de suelo, se expone la siguiente tabla:

VALORES DE COEFICIENTES DE ESCURRIMIENTO POR USO DEL SUELO			
	Suelo Arenoso	Suelo magro	Suelo Arcilloso
<b>Espacios Naturales:</b>			
Agrícola	.20	.40	.50
Praticola	.15	.35	.45
Bosque	.10	.30	.40
<b>Urbano:</b>			
Comercio		.75-.90	
Industria		.50-.90	
Residencial		.25-.40	
Habitación		.75-.95	
Espacios abiertos		.10-.30	
Areas verdes		.10-.35	
Vialidades		.70-.95	

Fuente: American Society of Civil Engineers.

(7) Una Evaluación de los Caudales Disponibles de Aguas Subterráneas en La Cuenca de Valle de México. Dr. Alfred Lohenberg, 1973.

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

(9) Boletín Hidrológico núm. 6, SARH, CAVM, 1964.

EL CRECIMIENTO URBANO, CAMBIOS EN LOS USOS DEL SUELO Y EFECTOS EN LA  
HIDROLOGÍA, XOCHIMILCO, D.F. DE 1930 A 2000.

**Unidades Geológicas Permeables.**

SEDIMENTOS ALUVIO LACUSTRES DEL CUATERNARIO (Qal).

Transmisividad;  $9.77 < Kh < 163,987$

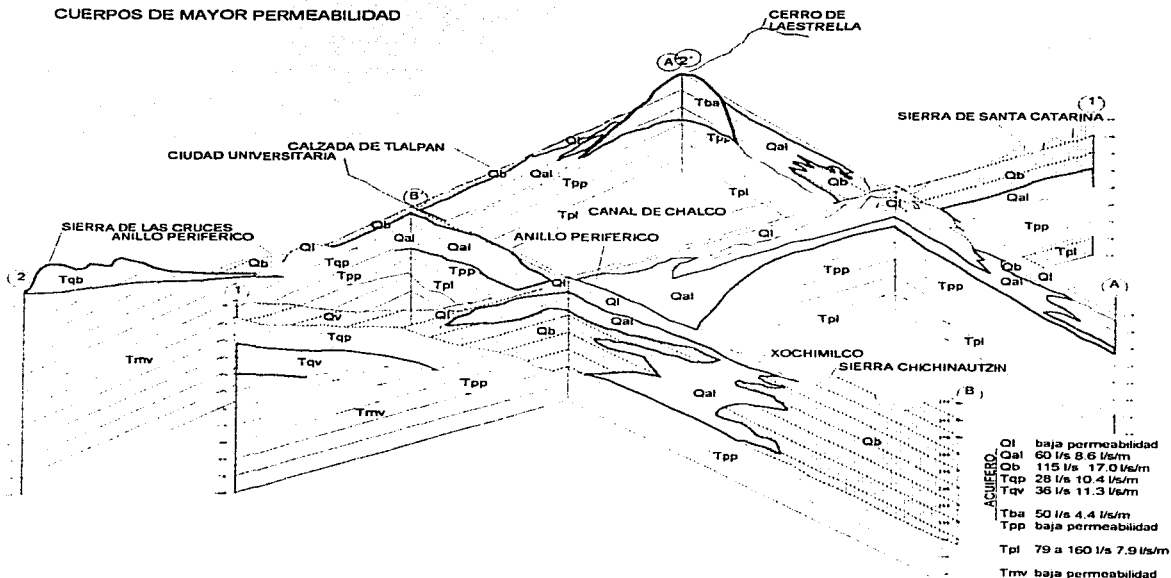
.00094 < coeficiente de almacenamiento específico < 0.18 m<sup>3</sup>.

Subyacen a los depósitos lacustres del cuaternario, y sobreyacen a los depósitos aluviales y piroclásticos del Plioceno superior se interdigita al sur con las rocas basálticas del Cuaternario y depósitos piroclásticos del Pliocuatrnario.

Muestran un patrón regional de sedimentación caracterizado por gravas y arenas aluviales hacia las márgenes de la planicie y sedimentos lacustres más finos, arenas y arcillas, hacia el centro de la misma.

Tienden a coincidir con los reflectores sísmicos I y III identificados por Pérez Cruz (1988), así como en su base con los horizontes de la misma naturaleza sísmica reconocido por Mosser (1993) como segunda capa reflectora con velocidad de propagación (V<sub>p</sub>) varía entre 1,200 y 1,900 m/seg. (CFE 1988). (10).

(10) Tesis: Modelo geohidrológico Conceptual de la Zona de Explotación en Cuenca del Valle de México, Eliseo Sanchez Vázquez, UNAM, 1988 pág. 13.





EL CRECIMIENTO URBANO. CAMBIOS EN LOS USOS DEL SUELO Y EFECTOS EN LA  
HIDROLOGÍA. XOCHIMILCO, D.F.. DE 1930 A 2000.

En cuanto a su resistividad, los sondeos eléctricos verticales realizados (GAVM, 1986; UACH, 1991; DGCOH, 1993) apuntan a una variación entre 10 y 65  $\omega$ /m. , cabe considerar que las resistividades mas altas señalan sedimentos más gruesos en el margen de la planicie mientras que las más bajas son asociadas a sedimentaciones finas al interior de las mismas (11). La mayor parte de la extracción de agua subterránea en la parte meridional de la subcuenca denominada de la Ciudad de México, se encuentra en esta unidad sedimentaria con caudales promedio de producción por pozo de 60 lts/seg. y caudales específicos ( $Q_s$ ) promedio de 8.6 l./seg./m (DGCOH,1992).Tomando en cuenta sus relaciones estratigráficas, mantiene relaciones de continuidad hidráulica con unidades adyacentes, sobre y subyacentes.

**ROCAS BASALTICAS DEL CUATERNARIO (Qb)**

Transmisividad; 536.11 <  $K_h$  < 725,328 M/año

0.1 < coeficiente de almacenamiento específico < 0.27  $m^3$ .

Afloran en la Sierra del Chichinautzin, tienen alta permeabilidad primaria debido a que predominan derrames lávicos fracturados y autobrechados, pero su permeabilidad se debe también a vesículas interconectadas y localmente por cavernas volcánicas. En menor proporción contienen cenizas, lapilli, tobas y brechas volcánicas de menor permeabilidad intercaladas con los derrames lávicos, pozos profundos perforados al norte de la sierra de Chichinautzin hasta mas de 300 M revelan que su espesor saturado es del orden de 200 m (12).

Su resistividad aparente varía entre 30 a 2,000  $\omega$ /m. reportada con sondeos eléctricos verticales (GAVM, 1986), su heterogeneidad muestra las distintas condiciones de autobrechamiento o fracturamiento.

Es una unidad de doble porosidad por fracturas y materiales granulares, su alta permeabilidad ha sido comprobada por los caudales promedio por pozo del orden de 115 l./seg. que equivalen a caudales específicos de 170 l./seg./m. (DGCOH,1992) sus extensiones afloramientos en la sierra del Chichinautzin donde el avenamiento del terreno es incipientemente desarrollado, representa la principal zona de recarga a la subcuenca subterránea.

**ROCAS BASALTICAS ANDESÍTICAS DEL PLIO-CUATERNARIO.(TQv)**

Transmisividad; 441.50 <  $K_h$  < 182,908 m./año

Subyacen a las formaciones basálticas y Tarango al poniente de la delegación, son secuencias fracturadas compuestas por derrames lávicos intercalados por brechas, conglomerados y tobas. Su permeabilidad secundaria por fracturamiento es comprobada por la presencia de numerosos manantiales en la sierra de Las Cruces, así como por los muestreos en pozos perforados (175 y 250 m.) cuyo gasto es del orden de 36 l/s. Con capacidad específica de 11.1 l/seg./m.

**DEPOSITOS PIROCLASTICOS ANDESÍTICOS DEL PLIO-CUATERNARIO (TQp) (Tarango)**

Transmisividad; 63.00 <  $K_h$  < 3.183 m/año,

0.014 < rendimiento específico < 0.11

Subyacen en nuestra zona de estudio a las formaciones de roca basáltica al poniente de la delegación, se consideran de menor permeabilidad que los sedimentos aluvio-lacustres debido a que son brechas con piroclastos (bloques y lapilli) muestran avenamiento considerable desarrollado, los caudales en los pozos perforados en ellos son del orden de 50 l./s. pero con caudales específicos de solo 4.4 l./seg.

La relación interstratificada que mantiene con unidades permeables adyacentes, sugiere que es una unidad transmisora de la recarga que ocurre en las sierras del poniente, hacia la secuencia aluvio – lacustre que ocurre en las partes bajas de la cuenca (14).

(11) Estudio Geoelectrico del Sistema Acuífero de la Cuenca del Valle de México. Rodríguez C. Y C. Ochoa A. Revista Geofísica Internacional, Instituto de Geofísica UNAM, vol.28 Núm. 2, 1989.

(12) Sanchez Vázquez op. cit. pág. 19.

(13) Rodríguez C. Y C. Ochoa A. op. cit. pág. 11

(14) Sanchez Vázquez op. cit. pág. 21.

#### ROCAS ANDESITICAS DEL PLOCIENO SUPERIOR (Tba)

Transmisividad <, 63.00 < Kh < 3,183 m/año

0.014 < rendimiento específico < 0.11, m<sup>3</sup>

Son rocas fracturadas compuestas por derrames lávicos, tobas, aglomerados y brechas volcánicas, afloran en las sierras de Patlachique Guadalupe y Las Cruces sin embargo subyacen a profundidades de entre 600 y 800 m.

Su permeabilidad por fracturamiento es comprobada por la gran cantidad de pozos productores del orden de 200 m. de profundidad que fueron perforados al oriente de la sierra de Guadalupe y cuyos caudales promedio y gastos específicos son del orden de 80 l./seg. Y 11.0 l./seg./m. respectivamente (DGCOH, 1994) (15).

#### DEPOSITOS LACUSTRES DEL PLOCENO INFERIOR (Tpi)

Transmisividad poco conocida.

Rendimiento específico aproximado, .079 m<sup>3</sup>

No afloran en la delegación, sin embargo están expuestos al norte de la cuenca, (Fries, 1962) y en las subcuencas del Estado de Morelos, subyacen en nuestra zona de estudio a la secuencia estratificada del plioceno inferior, se encuentran ampliamente distribuidos en las zonas de planicie lacustre según lo demuestran los pozos profundos exploratorios que los perforaron a profundidades de entre 500 y 700 m. forman una secuencia de conglomerados, tobas, brechas volcánicas e inclusive basaltos, que por su posición estratigráfica, son representativos de esta unidad, la capa reflectora sísmica III se relaciona con ella, con velocidades de propagación de entre 1900 y 2600 m/seg. (CFE) (16).

Como evidencias directas de su carácter permeable, tenemos que durante los aforos realizados por etapa en el pozo profundo P-P1 para el proyecto Texcoco (1969), revelan que en la etapa 3 que incluye depósitos aluviales y piroclásticos se obtienen capacidades más altas que las obtenidas en la primer etapa, a 400 m. de profundidad se extrajeron caudales de 160 l./seg. con caudales específicos promedio de 79 l./seg./m. algunos pozos dentro de la delegación (PER-16, PER-17, PER-18, PER-19, 94, 95, 197) extraen agua de esta unidad así como de otras unidades sobreyacentes.

#### Unidades Geológicas de baja permeabilidad

##### DEPOSITOS LACUSTRES DEL CUATERNARIO.(QI)

Transmisividad; 0.04 < Kv < 3.15 m/año

0.014 < rendimiento específico < 0.11, m<sup>3</sup>

Afloran ampliamente en las zonas planas bajas de la cuenca, formando planicies lacustres, consisten principalmente de arcillas se intercalan con limos y arenas e inclusive gravas, en el interior de la planicie se han identificado profundidades de hasta 35 y 55 m. dos capas más permeables con espesores del orden de 2 m. compuestas por cenizas volcánicas tamaño limo o arena las cuales son conocida como "capas duras" (Marsal y Masari, 1959) debido a su mejor capacidad de soportar basamentos de obras civiles.

En cuanto a las características de las arcillas existe una gran diversidad de clasificaciones mineralógicas, inicialmente Bryan (1949), Marsal y Masari (1959), posteriormente Girault (1964) identifica allophano, típico de ambientes volcánicos, más recientemente, Pitre (1994), reporta smectita con illita y biotita, cuarzo, feldspato calcico, hornblenda, vidrio volcánico, sulfuros y calcita-dolomita (17).

La continuidad y la actividad hidráulica a profundidad de las fracturas en las arcillas, son aspectos aun desconocidos, su carácter blando se manifiesta por las velocidades bajas de propagación sísmica (300 a 1200 m/s.) reportadas por los sondeos de refracción (CFE, 1988), la constitución de las arcillas refleja bajas resistividades aparentes (0.5 a 4 omega/m.) (GAVM 1986) (17).

(15) Sánchez Vázquez op. Cit. pág. 22.

(16) Sánchez Vázquez op. Cit. pág. 23.

(17) Sánchez Vázquez op. Cit. pág. 25.

EL CRECIMIENTO URBANO, CAMBIOS EN LOS USOS DEL SUELO Y EFECTOS EN LA  
HIDROLOGÍA. XOCHIMILCO, D.F., DE 1930 A 2000

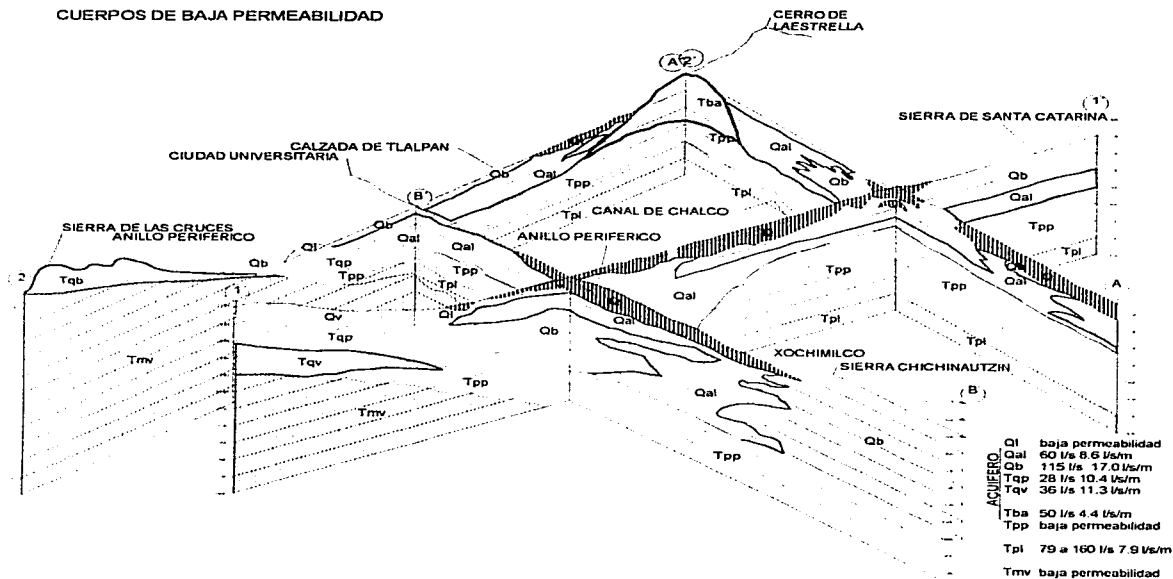
En referencia al fenómeno de hundimiento del terreno, se caracterizan por su alto coeficiente de compresibilidad ( $0.1 < \alpha_v < 6.0 \text{ cm}^2/\text{seg.}$ ) según Marsal y Masari (1959) así como por su alto contenido de agua, en casos superior al 500%, la relación interestratificada que mantiene con las rocas basálticas interdigitadas en el pie de monte de la sierra de Chichinautzín, controlaban la descarga de agua subterránea en el pasado.

DEPOSITOS PIROCLASTICOS Y LACUSTRES DEL PLIOCENO INFERIOR (Tp1)

Afloran al sur de la sierra del Chichinautzín, cubren discordantemente a las rocas volcánicas del mioceno, subyacen en la delegación a la secuencia estratificada del plioceno inferior, en sus estratos mas profundos predominan sedimentos lacustres caracterizados por arcillas y limos y arenas, en la parte superior se presentan tobas, brechas conglomerados volcánicos bastante compactos que contienen intercalaciones de sedimentos lacustres, aun cuando su extensión es amplia en la cuenca, su espesor se incrementa hacia el sur, alcanzando espesores máximos del orden de 800 m. identificados en el pozo exploratorio Copilco 1.

Su baja permeabilidad queda demostrada por los caudales de producción de solo 1 a 4 l./seg. En los pozos perforados en esta unidad en el Valle de Tepoztlán, así como los pozos PER-6 y Per-17 dentro de la zona de influencia de la delegación, fueron construidos con tubería ciega en esta unidad (18).

(18) Sánchez Vázquez op. Cit. pág. 22.



## EL CRECIMIENTO URBANO, CAMBIOS EN LOS USOS DEL SUELO Y EFECTOS EN LA HIDROLOGÍA, XOCHIMILCO. D.F.. DE 1930 A 2000.

### ROCAS VOLCANICAS ANDESITICAS DEL MIOCENO ( Tmv)

No afloran dentro de la delegación, subyacen discordantemente a las rocas volcánicas andesíticas del Pliocuatrnario al poniente de la zona de estudio, son rocas fracturadas compuestas por coladas lávicas, tobas, brechas y aglomerados intercalados, los núcleos recuperados por los pozos exploratorios perforados por PEMEX (1987), muestran que la mayoría de las fracturas se encuentran selladas por calcita, cuarzo y arcillas, lo cual indica que su permeabilidad es limitada, los espesores de estas rocas varían entre 300 y 1,110 m.(18).

Los aforos realizados en el pozo profundo P-P1 (proyecto Texcoco, 1969), explican que al aumentar los caudales no se incrementan los caudales específicos, es probable que su permeabilidad disminuya con la profundidad debido a su compactación y al sellado de sus fracturas, por efecto de la carga litostática de sepultamiento (19).

*Nota: Kh = coeficiente de transmisividad horizontal, Kv= coeficiente de transmisividad vertical.*

### El sistema Geohidrológico.

**ACUITARDO SUPERIOR** Transmisividad;  $0.15 < K_v < 0.63$ , coeficiente de almacenamiento específico  $< .0573$ , Los Depósitos lacustres del cuaternario (Qla), su espesor varía entre 20 y 80 m. de espesor, y de 0 a 200 m. de profundidad en la parte interior de la delegación, por estar compuestos principalmente de arcillas y por su comportamiento hidráulico, han sido consideradas como un acuitardo, por Ortega Farvolden (1989); Rodolph et al. 1991; Ortega et al. 1993, el cual por el efecto del bombeo en unidades permeables subyacentes, le transmite agua predominantemente en flujo vertical descendente al acuífero superior, de esta manera se convierte en su semiconfinante, consecuentemente por su pérdida de presión a poro, aunado a la alta compresibilidad de las arcillas, se ha hundido el terreno afectando cuantiosamente la estructura construida urbana.

La concentración del bombeo en la parte superior del acuífero superior, ha provocado que su nivel piezométrico descienda por debajo de la base del acuitardo, causando por ello condiciones de acuífero libre, aparte de que el acuitardo se adelgaza de poniente a oriente, la baja capacidad para transmitir la recarga de la unidad menos permeable de los depósitos aluviales piroclásticos del Plioceno superior (Tpl), en la parte poniente de la delegación, es otro factor que ha cambiado el estatus hidráulico del acuífero en la zona.

La posición del nivel estático en los pozos piloto con respecto a la base del acuitardo superior, indica el comportamiento hidráulico del acuífero superior, cambiando de semiconfinado a libre en la zona Tlalpan – Contreras.

A este cambio se debe que la dinámica de abatimiento en el acuífero libre se acentúe con respecto al semiconfinado, formando una zona de depresión en el ángulo norponiente de la delegación, según los conceptos surgidos durante las asesorías de la Ing. Julia Rivera Jaramillo miembro de la Unidad de Planeación, DGOCH. (20)

(18) Balance geohidrológico en el D.F. y Modelación de la Explotación del Acuífero, Lesser y Asoc. S.A. DGOCH. 1996, coloc. Biblioteca DGOCH. 6188-L173.b.

(19) Sánchez Vázquez op. cit. pág. 26.

(20) Sistema Acuífero de la Cuenca del Valle de México, Herrera et. Al. Revista Geofísica Internacional, Vol.28 Núm. 2, 1989, Contribución para la Administración Científica del Agua Subterránea de la Cuenca de México. Pág. 321

EL CRECIMIENTO URBANO, CAMBIOS EN LOS USOS DEL SUELO Y EFECTOS EN LA  
HIDROLOGÍA, XOCHIMILCO, D.F., DE 1930 A 2000.

**ACUÍFERO SUPERIOR O GRANULAR.**

Transmisividad;  $0.15 < K_h < 0.63$  m/año

Coefficiente de almacenamiento específico  $< .0003$  m<sup>3</sup>

Es integrado por las siguientes unidades geohidrológicas debido a su carácter permeable y por que de acuerdo a sus relaciones estratigráficas, mantienen continuidad hidráulica, se integran como el acuífero superior:

Sedimentos Aluvio – lacustres del Cuaternario	(Ql)
Rocas Basálticas del Cuaternario	(Qb)
Rocas volcánicas andesíticas del Pliocuatnario	(TQv)
Depósitos piroclásticos andesíticos del Plio cuaternario	(TQp)
Rocas andesíticas del Plioceno superior	(Tba)
Depósitos aluviales y piroclásticos del Plioceno superior	(Tpl)

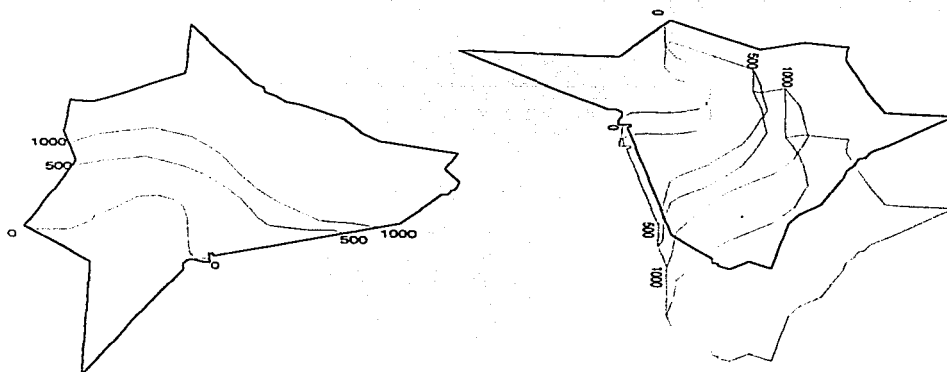
El límite inferior del acuífero en las zonas de la planicie lacustre, corresponde a la cima de los depósitos lacustres del Plioceno inferior (tpl), y en la zona de lomeríos con la cima de las rocas volcánicas andesíticas del Mioceno (Tmv).

Su frontera superior en la zona de lomeríos es la superficie friática, es decir es de tipo libre, y en las planicies lacustres, es la base del acuitardo superior que lo hace semiconfinado.

Su profundidad a su base varía de 400 a 700 m. según E. Sánchez Vázquez (1996) y entre 300 a 2000 m. según Herrera et. Al. 1989, correspondiendo en el sur su mayor espesor, con la mayor parte del bombeo de agua subterránea de la cuenca. (21)

(21) Herrera et. Al. Op. Cit. Pág. 321

**PROFUNDIDAD DE BASE DEL  
ACUÍFERO GRANULAR**



EL CRECIMIENTO URBANO. CAMBIOS EN LOS USOS DEL SUELO Y EFECTOS EN LA  
HIDROLOGÍA. XOCHIMILCO. D.F., DE 1930 A 2000.

ACUITARDO INFERIOR

Transmisividad;  $3.15 < 15.76$  m/año

coeficiente de almacenamiento específico  $< .0003$  m<sup>3</sup>

Por razones de su baja permeabilidad y por que mantienen comunicación hidráulica evidenciada por sus relaciones estratigráficas, sin embargo es probable que localmente existan zonas más permeables por fracturamiento, especialmente en las rocas volcánicas andesíticas del Mioceno (Tmp), están formados por las unidades geohidrológicas de:

Depósitos lacustres y piroclásticos del Plioceno inferior.

(Tpl)

Rocas andesíticas del Mioceno.

(Tmp)

Rocas basálticas y riolíticas del Oligoceno.

Su posición por debajo del acuífero superior en explotación predispone una situación de probable infiltración ascendente de este acuífero hacia el acuífero sobreyacente, a causa del bombeo en unidades superiores permeables, la posible filtración ascendente, debe ser más importante en zonas de fracturamiento y/o fallamiento. (22)

ACUIFERO INFERIOR O VOLCANICO.

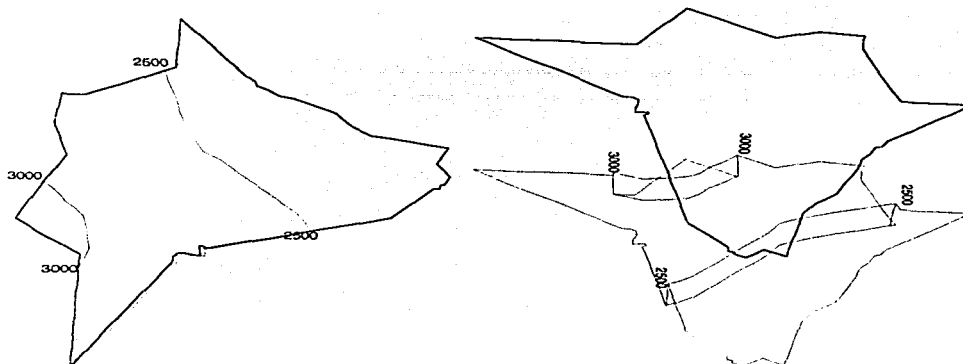
Esta formado por las rocas carbonatadas del Cretácico, las cuales son permeables por fracturamiento y disolución, la profundidad a su límite superior es controlado estructuralmente y su límite inferior se desconoce por falta de perforaciones más profundas, no obstante en las subcuencas del Estado de Morelos, se han reportado bajo estas rocas carbonatadas permeables, anhidritas, calizas arcillosas y lutitas del cretácico inferior (Fries, 1960).

La profundidad de la cima, claramente muestra un control estructural; al poniente de las zonas de falla "Mixuca", la profundidad varia entre 3,300 y 3,800 m. y al oriente de la misma falla, la profundidad es del orden de 2,000 m.(23)

(22) Herrera et. Al. Pág. 322

(23) Ibid. Pág. 322

PROFUNDIDAD BASE DEL  
ACUIFERO VOLCANICO



EL CRECIMIENTO URBANO. CAMBIOS EN LOS USOS DEL SUELO Y EFECTOS EN LA  
HIDROLOGÍA. XOCHIMILCO. D.F. DE 1930 A 2000.

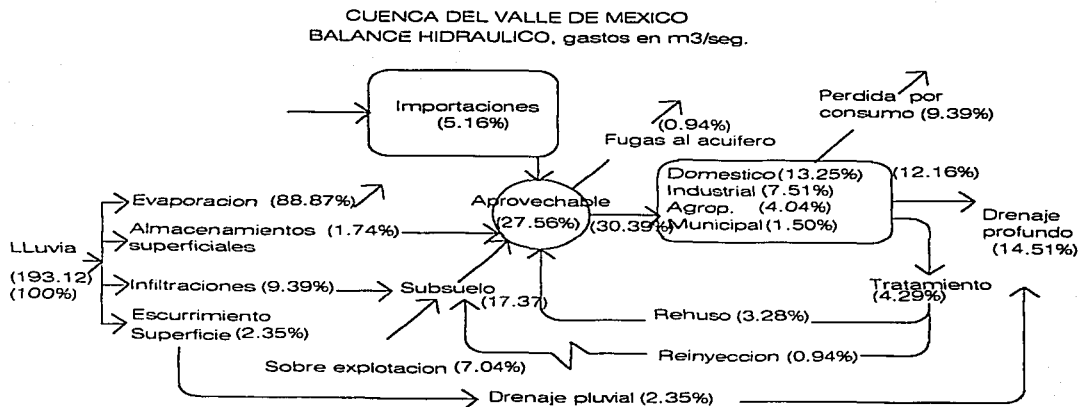
**Balance hidráulico de la cuenca del Valle de México.**

Existen diferentes métodos para calcular el balance hidrológico, se procedió, iniciando por el más común, para seguir al más detallado.

Como se ha descrito en el inciso relativo al planteamiento del problema, en el ámbito de la cuenca del Valle de México, existe un déficit, que como explica Lohenberg, después lo corrobora el estudio de la FAO, Informe Técnico de la Recarga del Acuífero (1998) (24).

Sobre la base de los estudios de Lesser (2000), se calculó el balance en el ámbito de Xochimilco, mediante la metodología de Darcy. El balance para la zona, se considera clave para el funcionamiento hidrológico del resto de la cuenca, ya que en ella se ubica la mayor concentración relativa de extracción así como una significativa área de infiltración para recarga.

Calculando según la FAO, para el total de la cuenca del Valle de México una superficie de 8,153 Km<sup>2</sup> con precipitaciones medias de 747 mm. anuales, se obtienen 213.12 m<sup>3</sup>/seg. de estos, se pierde el 81.4%, equivalentes a 189.3 m<sup>3</sup>/seg. al año por evaporación y escurrimiento.



Fuentes:  
Agua e Hidrología en la Cuenca del Valle de México.  
Luis Manuel Guerra, Judith Mora Rodríguez, Mex. 1988 pag. 29

(24) Apoyo de emergencia a la zona lacustre de Xochimilco-Tlahuac, Informe técnico de la recarga del acuífero, FAO. ONU. 1988. Roma

EL CRECIMIENTO URBANO, CAMBIOS EN LOS USOS DEL SUELO Y EFECTOS EN LA  
HIDROLOGÍA, XOCHIMILCO, D.F., DE 1930 A 2000.

Debiéndose perder según el estudio señalado, 8.52% o sea, 5.0 m<sup>3</sup>/seg. al año por escurrimientos superficiales, quedando únicamente el 34 %, 20.0 m<sup>3</sup>/seg. anuales para recarga de acuíferos. En registros para el año 1988, se extrajeron 36.8 m<sup>3</sup>/seg. lo cual ocasiona un severo desajuste en el balance hídrico de la cuenca, calculado el déficit para tal año, en 16.8 m<sup>3</sup>/seg.

Como se sabe, las aportaciones efectuadas por la cuenca Xochimilco ( sin contar con otras fuentes dentro o fuera de la cuenca del valle), han pasado de ser del 11.4% en 1950, hasta ser en 1970 el 21.21% del volumen absoluto aportado para la ZMCM.

Al parecer resulta más económico para quienes han manejado recientemente el sistema, abastecer de agua aprovechando los mantos de la cuenca, que recurrir a aprovisionamientos más lejanos, predominantemente por el consumo de energía eléctrica para bombeo, además de los gastos de canalización y mantenimiento del sistema (25).

#### **Balance hidráulico de la zona de explotación de Xochimilco**

Como planteamiento inicial, se utilizan los parámetros empleados en los estudios de la FAO para Xochimilco referidos con anterioridad, en ellos, se calcula que se pierde por evapotranspiración el 80 % del volumen precipitado, equivalente a perder 24.28 m<sup>3</sup>/seg. de el volumen restante recuperable de 6.07 m<sup>3</sup>/seg. se considera que se pierde 1% en escurrimiento superficial, o sea 0.30 m<sup>3</sup>/seg.

El volumen de recarga es el aprovechable restante, 5.77 m<sup>3</sup>/seg. significa únicamente el 19% del recurso originalmente precipitado.

Ahora bien, si el volumen de que se extrae del subsuelo en la delegación es de 4.25 m<sup>3</sup>/seg. en 1996 (26) únicamente por los 78 pozos registrados dentro de la delegación, mas los .04 m<sup>3</sup>/seg. de escurrimientos, nos resultaría un volumen aprovechable de 10.06 m<sup>3</sup>/seg. con un balance positivo de 5.77 de recarga menos 4.29 explotado, resultaría una acumulación del recurso en mantos subterráneos de 1.48 m<sup>3</sup>/seg.

Empíricamente podemos señalar que tales datos no coinciden con los fenómenos que evidencian el desequilibrio negativo en el manto, como son:

- La disminución del nivel estático promedio del manto de 0.78 m. por año.
- El descenso del nivel del terreno.

Existen dos posibles causas de error en los datos de volúmenes empleados en el cálculo anterior, pudiendo inferirse errores en ambos planteamientos:

- Que la extracción no hubiese sido adecuadamente registrada, incluyendo la posibilidad de que extendiéndose el manto bajo otras áreas geopolíticas delegacionales, se efectúe en ellas una proporción significativa de extracción compartida.
- Que el coeficiente de escurrimiento superficial de 1% sea mucho mayor.

Para el primer caso, el volumen señalado, contrasta con el valor del Plan Hidráulico delegacional de 1983, DDF. Donde para la región de Xochimilco Mixquic, junto con manantiales acusa 11.1 m<sup>3</sup>/seg. de extracción.

(25) Ibid.

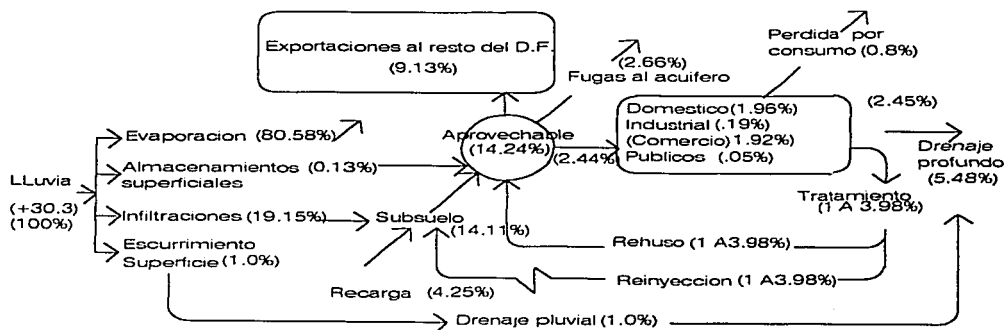
(26) Cuaderno Delegacional Xochimilco 1995, INEGI.



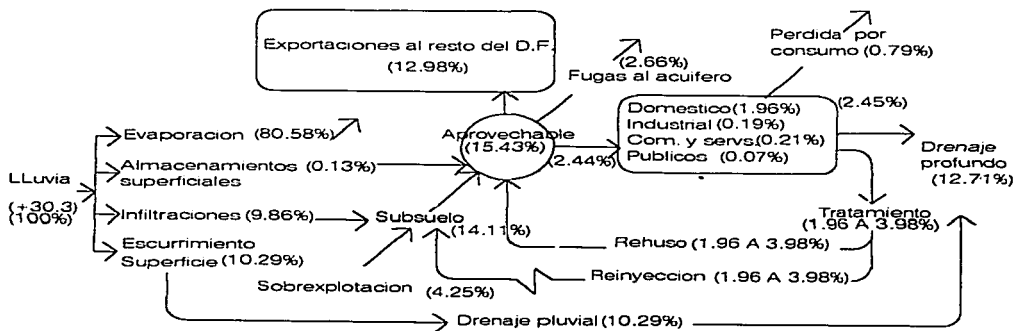
EL CRECIMIENTO URBANO, CAMBIOS EN LOS USOS DEL SUELO Y EFECTOS EN LA HIDROLOGÍA, XOCHIMILCO, D.F., DE 1930 A 2000.

Respecto a la segunda posible causa de error, el estudio de la FAO a mi juicio no considera en su real magnitud que la permeabilidad del terreno, ha ido disminuyendo debido al fenómeno de la urbanización, hasta alcanzar la superficie de uso de suelo construido mayor del 50% de la extensión de la delegación, y el 1% de escurrimiento superficial debe ser superior. Con objeto de lograr mayor precisión en el cálculo del balance hidráulico en la zona de explotación correspondiente a la delegación se ha efectuado un planteamiento que al parecer resulta el más apegado a los efectos que se perciben empíricamente en la delegación.

DELEGACION XOCHIMILCO  
BALANCE HIDRAULICO SIN CONSIDERAR URBANIZACION gasto en m<sup>3</sup>/seg y porcentajes



DELEGACION XOCHIMILCO  
BALANCE HIDRÁULICO CONSIDERANDO URBANIZACIÓN A 1996 gasto en m<sup>3</sup>/seg y porcentajes



Fuentes  
Plan Hidráulico para Xochimilco  
DDF DGCOR 1988

**Balance hidrológico de la subcuenca subterránea por el método de Darcy.**

El planteamiento seguido proviene del método de balance hidráulico de cuerpos subterráneos de la Ley de Darcy, que expresa el principio de conservación de la masa y consiste en considerar que:

Entradas por Flujo Horizontal + Drenado vertical = Salidas + Cambio de Almacenamiento

Este planteamiento requiere considerar las diferencias de volumen en los cuerpos de almacenamiento, para ello se necesita conocer la dirección de los flujos laminares y determinar las diferencias entre equipotenciales que limitan a las celdas con objeto de poder conocer el caudal de entrada a los cuerpos.

El gradiente hidráulico para calcular el paso de fluido a través de las celdas requiere se estudie su transmisividad, por ello se hace necesario evaluar las características de transmisividad de las unidades geohidrológicas a través de las cuales fluye el agua con diferentes gradientes, ello permite conocer los caudales.

Si se conocen los cambios en almacenamiento a partir de calcular las áreas de depresión piezométrica y se multiplican por la altura de disminución de nivel, también se puede conocer la suma de volumen de salida por extracción, ya que en este caso el subsistema ciudad de México no drena hacia los subsistemas colindantes (Chalco y Texcoco), es posible determinar las entradas por flujo horizontal.

Con el fin de determinar la magnitud de los efectos de la urbanización en cuanto a la obstrucción que se ocasiona a la infiltración será necesario evaluar la permanencia en el tiempo de los flujos de recarga.

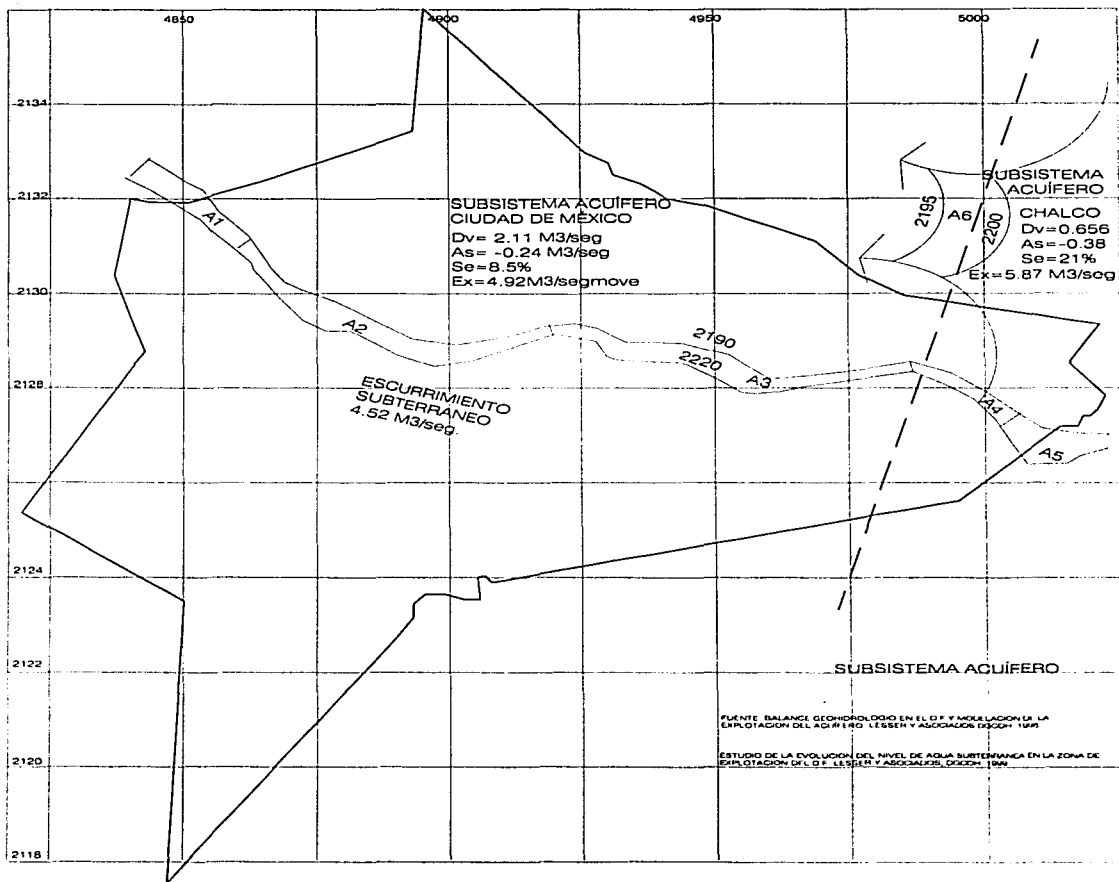
De acuerdo a los índices de transmisividad, al gradiente hidráulico y a las dimensiones de seis celdas por las que pasa el caudal, resulta un volumen de recarga de 4.52 m<sup>3</sup>/seg. que contrastado con los 4.92 m<sup>3</sup>/seg. que se extraen sumando los pozos manejados por DGCOH así como los de agua en bloque operados por GAVM, resulta un balance negativo de 0.40 m<sup>3</sup>/seg.

**CALCULO DE ESCURRIMIENTO SUBTERRANEO POR CELDILLAS EN LA ZONA DE EXPLOTACION**

Método de Darcy.						
celda	largo	ancho	Gradiente hidráulico (i)XE-3	Transmisividad (t) M <sup>2</sup> /seg	Caudal M3/seg. Q=Tbi	Volumen E+06 M <sup>3</sup> /año
A1	0.45	1.5	22.2	0.003	0.1	3.15
A2	0.37	6.25	27.02	0.011	1.858	58.58
A3	0.4	6.8	25	0.011	1.87	58.96
A4	0.8	4	12.5	0.011	0.55	17.32
A5	2.16	1.8	4.6	0.01	0.083	2.6
A6	0.8	1.5	6.25	0.007	0.066	2.069
						142.679
						4.52E-06

EL CRECIMIENTO URBANO, CAMBIOS EN LOS USOS DEL SUELO Y EFECTOS EN LA  
HIDROLOGÍA, XOCHIMILCO, D.F., DE 1930 A 2000.

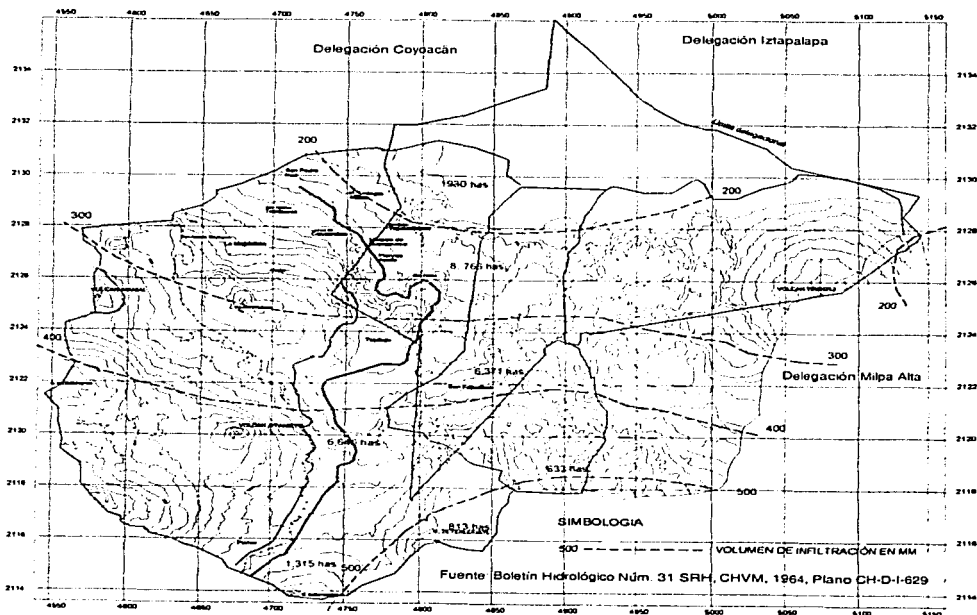
Mapa 9, Celdillas de cálculo, zona de explotación sur del acuífero



EL CRECIMIENTO URBANO, CAMBIOS EN LOS USOS DEL SUELO Y EFECTOS EN LA  
HIDROLOGÍA XOCHIMILCO, D.F. DE 1930 A 2000.

CALCULO DE VOLUMENES DE INFILTRACION EN LAS SUBCUENCAS:					
AREA Has.	INFILTRACION		ESC. SUBTERRANEO		
	mm.	m <sup>3</sup> /año	m <sup>3</sup> /seg.	%	
1,930	150	3,860,000	0.151	3.831	
8,766	250	26,298,000	1.026	26.099	
6,371	350	25,484,000	0.994	25.291	
8,594	450	42,970,000	1.676	42.645	
813	550	4,878,000	0.190	4.841	
26,474			4.036	100	
PERDIDA HACIA LA CUENCA DEL VALLE DE MORELOS:					
1948	450	11,688,000	0.445	11.424	
813	550	4,878,000	0.190	4.841	
			3.401	16.265	

Mapa 10, Curvas de iso infiltración en la zona de recarga



### Dinámica del flujo de recarga en el tiempo.

Con objeto de incluir el aspecto tiempo en el análisis de la dinámica de recarga, es importante considerar cualquier desfase que se presente entre el espacio de tiempo, desde la infiltración, hasta la extracción, podría llevarnos a considerar por un lado, que los efectos en el volumen precipitado son perceptibles inmediatamente en el almacenado, o por otro lado se podría considerar que los efectos tardasen décadas en reconocerse.

Con objeto de conocer la posible comunicación entre los acuíferos de la cuenca del Valle de México con los del valle de Cuernavaca, se tomaron muestras en diferentes pozos norias y manantiales, en un estudio conjunto la CAVM, y el Instituto de Geofísica de la UNAM.

Utilizando técnicas de medición de isótopos estables, el Oxígeno 18 y Deuterio del agua subterránea de origen meteórico como trazador ambiental (Fritz y Fontes, 1980), Cortés et. Al. Presentaron una recopilación de material enfocándose principalmente al acuífero sedimentario que se aloja en las partes bajas de la cuenca del Valle de México, así como de los acuíferos del valle de Cuernavaca y el de Toluca.

De los análisis de las cuencas subterráneas, si se inspeccionan muestras de las menos afectadas por la interacción superficial inducida por el intenso bombeo en los últimos decenios, es decir, las muestras de los pozos profundos; y si los acuíferos son caracterizados por el promedio aritmético  $\langle \text{Sigma O}_{18} \text{ del agua de estos pozos, es posible determinar el tiempo de residencia del agua en el acuífero.} \rangle$

De acuerdo con tales estudios, los flujos en la Sierra del Chichinautzin, se diversifican hacia las cuencas de valle de Cuernavaca y de la Ciudad de México, los tiempos de residencia estimados para el agua subterránea empleando tritio, implica la existencia de recargas modernas (menos de 40 años de infiltración)(13).

Considerando la velocidad del flujo según el informe sobre la recarga del acuífero de la FAO (14), donde se considera que en los flancos de la serranía es de 4 m. por día y en la sección directa al valle la velocidad promedio es de 3 m. al día es posible estimar que para recorrer la distancia entre la zona de mayor recarga en la serranía hasta las zonas bajas donde se ubican las más próximas zonas de explotación son 7.3 Km. A partir de ello se puede estimar que el tiempo de residencia a menos de 300 m. de profundidad en la zona del acuífero granular, puede ser cercana a 9 años.

Aplicando otro criterio, las velocidades para unidades geológicas basálticas, según parámetros de Lesser (2000) el periplo resulta de entre 12.8 y 14.6 años, para la misma distancia promedio, lo que implica considerar que cualquier afectación en la disminución de la recarga del acuífero, debida a la canalización de escurrimientos superficiales por procesos de urbanización, no se podría hacer evidente en los niveles piezométricos, sino posteriormente, hasta un periodo de tiempo mayor a un lustro.

Cabe señalar que las anteriores estimaciones pueden resultar poco precisas, ya que se esta considerando la existencia de homogeneidad en las condiciones de la unidad geohidrológica, y siendo el estrato volcán un aparato resultado de sucesivas emisiones (basálticas y piroclásticas), es difícil saber si existen flujos turbulentos a través de brechas, fracturamientos o chimeneas que pudiesen hacer que la velocidad del flujo laminar fuese sumamente heterogénea o inconstante.

---

(13) Geoquímica Isotópica del Sistema Hidrológico de la Cuenca del Valle de Cuernavaca, Estado de Morelos, E. Vázquez Sánchez, A. Cortés, R. Jaimés-Palomera, P. Fritz y R. Aravena), Geofísica Internacional, Vol.28, Núm. 2, 1989.  
(14) Apoyo de Emergencia a la Zona Lacustre Xochimilco Chalco, Informe Técnico de la Recarga del Acuífero FAO, ONU. UNESCO, Roma, 1988.

### **La posición del parteaguas hidrológico en la zona de recarga.**

Como el drenaje es impulsado por la gravedad, el nivel de saturación serrano necesariamente debe tener forma de domo, en cuya cresta se dividen los flujos que recargan los acuíferos de los flancos, este lugar es el parteaguas hidrológico subterráneo que visto desde superficie, no coincide con el lugar donde se dividen las aguas superficiales: el parteaguas topográfico.

Por lo discutido, de los dos parteaguas, el subterráneo esta más cerca del pie de monte más elevado, en nuestro caso el de la cuenca de la Ciudad de México, ocasionando que la zona de recarga disminuya de manera que el agua colectada no es realmente la misma del curso de las aguas de escurrimiento superficial, esta concepción desfavorece el volumen de recarga, sobre todo, ya que es bien conocido que en los ambientes montañosos del mundo (Fritz y Fontes, loc. Cit.) la precipitación ocurre en las zonas más altas (las más frías), desaprovechándose para la cuenca de la Ciudad de México, los volúmenes de mayor precipitación depositados en la cima de la serranía.

El desfasamiento entre ellas, admite una explicación hidrodinámica esencial si, como suponemos, la serranía es un medio hidráulicamente continuo. Para el caso en particular de un medio poroso, a este problema se le llama "La presa de tierra" y esta resuelto analíticamente por Verruit (1970), (15).

Debido a que Verruit efectúa el cálculo del parteaguas hidrológico como unidad porosa homogénea, contrariamente a las particularidades que se observan, se procedió a definir el parteaguas bajo el criterio: que las zonas de unidades geológicas expuestas en la superficie de la cima, producto de coladas basálticas más recientes, donde la permeabilidad es mayor, deben ser considerados como zonas de encauzamiento hacia las cuencas del valle de Morelos, en cambio las áreas que geológicamente se aprecian como más planas y consolidadas en su superficie, que probablemente son resultado de procesos orogénicos más antiguos, forman la zona de captación para recarga hacia la cuenca de la Ciudad de México.

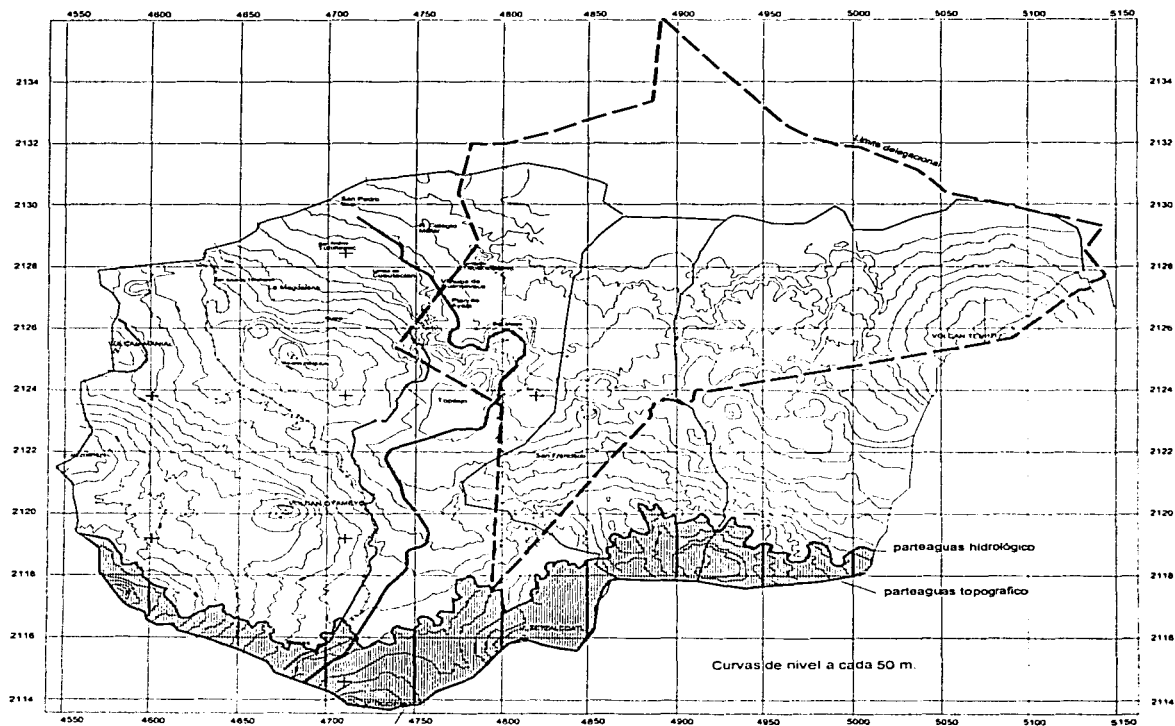
La diferencia entre los parteaguas topográfico e hidrológico desfavorece el volumen de captación de agua de lluvia para la cuenca de la Ciudad de México, ya que a los volúmenes precipitados en la cima de la serranía del Chichinautzin, deben restarse los de las áreas donde justamente existe una mayor cantidad de lluvia, de manera tal que como se aprecia en el esquema anexo, se considera que se pierde en total el volumen de 2,761Has.hacia la Cuenca del Valle de Morelos, una parte de 813 has, dentro de isoyetas de más de 500 mm. de precipitación anual, y otra de 1,948 has. incluida en una zona con isoyetas de más de 400 mm. de lluvia.

---

(15) Sobre la cerradura Hidrogeológica de la Cuenca de México, Cortés A. Y J. Durazo, Ingeniería Hidráulica en México, Vol.2 II Época. Abril – Junio 2001.

EL CRECIMIENTO URBANO, CAMBIOS EN LOS USOS DEL SUELO Y EFECTOS EN LA  
HIDROLOGÍA. XOCHIMILCO, D.F., DE 1930 A 2000.

**Mapa 11, Posición del parteaguas hidrológico en la zona de recarga**



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## EL CRECIMIENTO URBANO, CAMBIOS EN LOS USOS DEL SUELO Y EFECTOS EN LA HIDROLOGÍA, XOCHIMILCO, D.F., DE 1930 A 2000.

### **Cambios en el nivel estático**

Con el objeto de complementar el conocimiento sobre el marco geohidrológico de la región, se recopiló la información correspondiente a la posición de la superficie piezométrica del acuífero, observándose 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 m.s.n.m. en Junio de 1959 según la oficina de estudios especiales de la CHCVM, y recientemente, en profundidades que van desde la cota 2190 a la 2220 m.snm., para el año 2000, según DGCOH, estando la más somera hacia la parte central oriente de la zona lacustre y la mayor profundidad hacia las estribaciones de la Sierra del Chichinautzin.

La evolución de la superficie piezométrica se consideró para el periodo 1983 a 2000 por Lesser observándose que las mayores evoluciones se han registrado al poniente, hasta -6.0 m., en la zona de Contreras-Tlalpan área donde se presenta acumulación de 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 Tiáhuac Neza), así como la batería de pozos de GAVM denominada TN (Tiáhuac Neza), evidencia la relación explotación con abatimiento del nivel piezométrico donde se registran -2.0 m. en el mismo periodo (16).

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.(17).

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.

Según datos más recientes (2001), los pozos perforados en la Región geohidrológica II al norte de la Delegación, se localizan en una zona que hospeda materiales granulares de baja y mediana permeabilidad, el acuífero está cubierto por el acuitardo compuesto de arcillas lacustres de hasta 300 m. de espesor, los pozos requieren alcanzar profundidades cada vez mayores siendo de entre 200 a 400 m. para el año 2001, tienen sus niveles estáticos a profundidades que varían de 10 m, a mas de 85 m. sus caudales de extracción fueron en 1994 de entre 0.08 a 0.11 m<sup>3</sup>/seg.

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

Los pozos perforados en la región geohidrológica I localizada al sur sobre las Sierras Chichinautzin y Santa Catarina, tiene pozos con profundidades de 90 a 250 m. (por economía se perforan solamente hasta la cota 2,500 m.s.n.m.) tienen sus niveles estáticos a profundidades que oscilan de 40 a 120 m. su caudal de extracción fluctúa de 0.050 a 0.140 m<sup>3</sup>/seg. (18).

Con objeto de entender los programas de disminución de sobrebombeo 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 en la zona plana, que es 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 de bancos fijos de nivel.

(16) Estudio para determinar la Evolución del Nivel de Agua Subterránea en la Zona de Explotación del D.F. Mediciones y Balance, Lesser, DGCOH.1999. Coloc. DGCOH, 7246-1173-e.

(17) Plan de Acciones Hidráulicas 2001-2005 Delegación Xochimilco

(18) Plan de Acciones Hidráulicas 2001-2005, D.G.C.O.H.2001.



EL CRECIMIENTO URBANO, CAMBIOS EN LOS USOS DEL SUELO Y EFECTOS EN LA  
HIDROLOGÍA, XOCHIMILCO, D.F., DE 1930 A 2000.

DESCENSO DEL NIVEL ESTÁTICO

Descenso del manto en el pozo 4 (San Luis 3)

	Nivel:	Descenso en M	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

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

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 4 (San Luis 3, ver ubicación en plano "Programa de Disminución de Extracción de Agua Subterránea en el capítulo XIII de Recomendaciones ) que aplicó Cruickshank en 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 esta fecha 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 1955 y 1976 (33).

Las cotas de niveles de abatimiento se calcularon tomando como referencia el plano CH-D-1-269 "Curvas de Igual Elevación del Nivel Freático" elaborado por la Oficina de Estudios Especiales, perteneciente a la Secretaría de Recursos Hidráulicos en Junio de 1959.

En cuanto a los volúmenes de extracción, se tienen datos de explotación de 2.0 m<sup>3</sup>/seg. (34), desde 1906, de 2.4 m<sup>3</sup>/seg. a partir de 1913 con los aprovechamientos de manantiales en La Noria, para 1937 la aportación de Xochimilco es ya de 3.0 m<sup>3</sup>/seg., 3.5 m<sup>3</sup>/seg. en 1950, en 1954 se amplían y rehabilitan las captaciones (1.20 m<sup>3</sup>/seg. más) alcanzando 7.8 m<sup>3</sup>/seg. en 1962 se incrementa la operación a 32 pozos del sistema Xochimilco- Mixquic- Santa Catarina, (aportando 2.5 m<sup>3</sup>/seg. más) y en 1965 se incrementan 2 pozos más (200 lts. seg. Pista de remo Cuemanco) (35).

Para 1975 Cruickshank (1988), refiere la existencia de 75 pozos en total en la delegación con 4.225 m<sup>3</sup>/seg. (36).

Para el año 2000 se utilizaron los datos aportados por la D.G.C.O.H. las explotaciones incluyendo las de G.A.V.M. 78 pozos sumaron 4.9 m<sup>3</sup>/seg.

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

(34) Sistema Hidráulico del D.F. cronología, D.D.F. 1994, pag. 4

(35) Importancia de los Recursos Acuíferos de Xochimilco, Cardona Zarate, Mex. U.A.M. 1987, Pag. 9

(36) Ibid.

EL CRECIMIENTO URBANO, CAMBIOS EN LOS USOS DEL SUELO Y EFECTOS EN LA  
HIDROLOGÍA, XOCHIMILCO. D.F.. DE 1930 A 2000

**Tendencia de hundimiento del suelo.**

La referencia altimétrica utilizada fue tomada de la red de bancos de nivel de la D.G.C.O.H. a partir del banco de nivel Atzacualco, (M(N05E03)2 con elevación 2,245.0078 m.s.n.m.

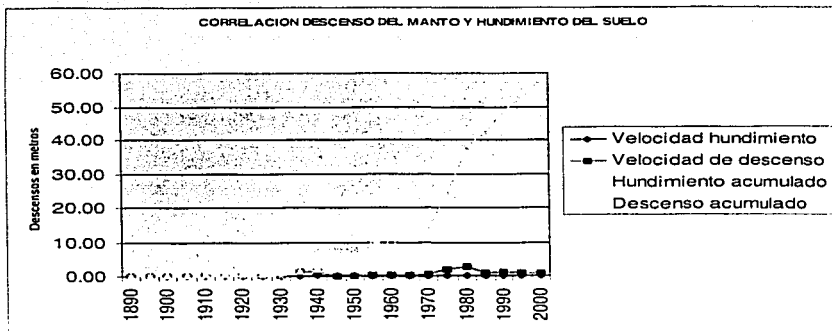
Las curvas de hundimiento del suelo en nuestra zona de estudio descendieron 4 m. en 18 años. no obstante los programas de reinyección de agua tratada (de baja calidad), de hasta 4.4 m<sup>3</sup>/seg.

HUNDIMIENTO DEL SUELO					
Las velocidades de hundimiento por periodos son:					
		Hundimiento en m.	Lapso	Veloc./m /año	Acumulado
1891	-1932	2.12	41	0.05	2.12
1938	-1948	0.76	10	0.08	2.88
1948	-1950	0.88	2	0.44	3.76
1950	-1951	0.46	1	0.46	4.22
1951	-1952	0.15	1	0.15	4.37
1952	-1953	0.26	1	0.26	4.63
1953	-1957	0.68	4	0.17	5.31
1957	-1959	0.24	2	0.12	5.55
1959	-1963	0.22	4	0.06	5.77
1963	-1966	0.21	3	0.07	5.98
1966	-1970	0.28	4	0.07	6.26
	1970-1998	4.2	18	0.23	10.46
Suma		10.46	91		
		Promedio de Hundimiento 50-98		0.13	

Fuente: Agua e Hidrología de la Cuenca del Valle de México, Guerra Luis Manuel, Anexo Tabla 7

## X DIAGNÓSTICO

### Efectos del descenso del nivel estático en el hundimiento del suelo



La Teoría de la Consolidación y su correlación, ha sido ampliamente estudiada por Cruickshank 1980, encontrando el módulo de deformación volumétrico de los depósitos profundos  $E=0.025$ , Como puede apreciarse en la gráfica anterior, las velocidades de descenso del manto freático no son directamente coincidentes para los periodos de aceleración, con las velocidades de hundimiento del suelo más que en el periodo inicial, "una interpolación de las nivelaciones que cubren la época del sismo de 1985, indica que durante esos eventos la superficie del suelo sufrió un brusco descenso cuyo promedio por lo menos en cuatro puntos tomados como referencia es de  $-11.0 \text{ cms}^{-1}$ " (1).

Si bien el hundimiento en la parte central de la ciudad ha disminuido después de la disminución de bombeo a partir de 1954, el problema en Xochimilco se ha agudizado, descendiendo un promedio de 23 cms. anuales en las últimas décadas, ocasionando problemas en el control de balance de los canales, cambios de pendiente en las redes sanitarias (contaminación de los mantos freáticos) que circundan el exvaso y rupturas en los ductos de conducción de agua, energía eléctrica y teléfonos.

La zona saturada en el acuitardo tiende a disminuir su nivel piezométrico por su sobreexplotación, debido al drenado de las capas de arcilla que lo subyacen, su consolidación y consecuente asentamiento del terreno.

"La consolidación de arcillas referida, ha provocado la formación de grietas superficiales que eventualmente permiten flujos turbulentos hacia el acuífero, estas grietas han sido registradas en varios sitios de la zona sur, como en la "T" del Olivar, en el Vivero de San Luis Tlalxiatemalco y en San Gregorio. Cuando estas grietas cruzan algún canal, el agua es drenada, lo que ha provocado la necesidad de realizar obras de taponamiento o desvíos para impedir que aguas superficiales se infiltren en el acuífero y lo contaminen" (2).

A continuación se presenta el análisis de medidas de dispersión, mediante regresión lineal y de correlación en el que se aprecia fuerte correlación positiva entre las variables, ya que el coeficiente resultó de  $r=0.88$ , ( los valores  $\pm 0.8$  indican fuerte correlación).

(1) Apoyo de Emergencia para la Zona lacustre de Xochimilco Tláhuac, Juan Manuel Lesser, FAO, ONU, Roma 1988.

(2) Ibid. (1), pág. 8.

EL CRECIMIENTO URBANO, CAMBIOS EN LOS USOS DEL SUELO Y EFECTOS EN LA HIDROLOGÍA, XOCHIMILCO DE 1930 A 2000

ANÁLISIS DE REGRESIÓN LINEAL SIMPLE

X=Descenso del Manto en M. Y= Hundimiento del terreno en M.

Observación	30	40	50	60	70	80	90	0 sumas
X	0	7	15.000	22.000	17.500	39.00	47.000	0.00
Y	1.01	2.02	4.21	4.95	5.38	5.83	6.21	0.00
X <sup>2</sup>	0.00	49.00	225.00	484.00	306.25	1,521.00	2,209.00	0.00
X*Y	0.0	14.1	63.2	108.9	94.2	227.4	291.9	0.0
								147.50
								29.61
								4,794.25
								799.58

$$a = \frac{7 \cdot 800 - 147.50 \cdot 30}{7 \cdot 4,794 - 21756.25} = \frac{5597.00}{33559.75} = 0.1668 \approx 0.17$$

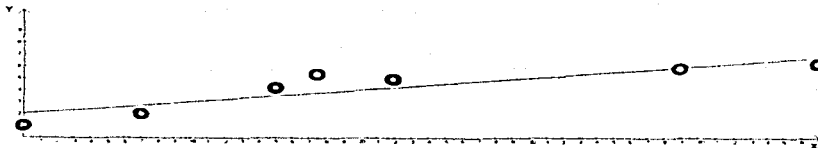
$$a = \frac{1230}{11804} = 0.1042 \approx 0.10$$

$$b = \frac{4794 \cdot 30 - 147.50 \cdot 800}{7 \cdot 4,794 - 21756.25} = \frac{141957.743}{33559.75} = 4.230 \approx 4.23$$

$$b = \frac{24020}{11804} = 2.035 \approx 2.03$$

$$Y = 0.10 X + 2.03$$

EXPRESIÓN DE LA ECUACIÓN



EL CRECIMIENTO URBANO, CAMBIOS EN LOS USOS DEL SUELO Y EFECTOS EN LA HIDROLOGÍA, XOCHIMILCO DE 1930 A 2000

CALCULO DEL INDICE DE CORRELACION r

Observacio:	30	40	50	60	70	80	90	8 sumas	
X	0.00	7.00	15.00	22.00	17.50	39.00	47.00	0.00	148
Y	1.01	2.02	4.21	4.95	5.38	5.83	6.21	0.00	30
X2	0.00	49.00	225.00	484.00	306.25	1,521.00	2,209.00	0.00	4,794
y2	1	4	18	25	29	34	39	0	149
X*Y	0	14	63	109	94	227	292	0	800

$$r = \frac{7 \cdot 800 - 148 \cdot 30}{7 \cdot 4,794 - 21,756} = \frac{5,600 - 4,440}{33,366 - 652,200} = \frac{1,160}{-618,834} = -0.001874$$

$$r = \frac{5,597 \cdot 4,367 - 1041,7715 \cdot 877}{33559.8 \cdot 21,756 - 1041,7715 \cdot 877} = \frac{24,448,319 - 913,632,685}{729,818,808 - 913,632,685} = \frac{-669,184,366}{-183,813,877} = 3.641$$

$$r = \frac{1,230}{11803.5} = 0.01042$$

$$r = \frac{1229.6}{1,947,806} = 0.000632$$

$$r = \frac{1229.6}{1395.64} = 0.881019767$$

$$r = 0.881019767 \quad 0.881019767$$

CALCULO DEL ERROR ESTANDAR DE AJUSTE

	Y	X	Y	Y*Y
Y=	0.1	2.03	2.03	4.14
Y=	0.1	2.03	2.03	17.94
Y=	0.1	2.03	2.03	3.60
Y=	0.1	2.03	2.03	312.34
Y=	0.1	2.03	2.03	186.11
Y=	0.1	2.03	2.03	1082.57
Y=	0.1	2.03	2.03	1733.11
		101	22.68	

$$e = \frac{41.63069313}{8} = 5.20383664$$

$$6.94$$

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

EL CRECIMIENTO URBANO, CAMBIOS EN LOS USOS DEL SUELO Y EFECTOS EN LA HIDROLOGÍA, XOCHIMILCO DE 1930 A 2000

INDICE DE DETERMINACION

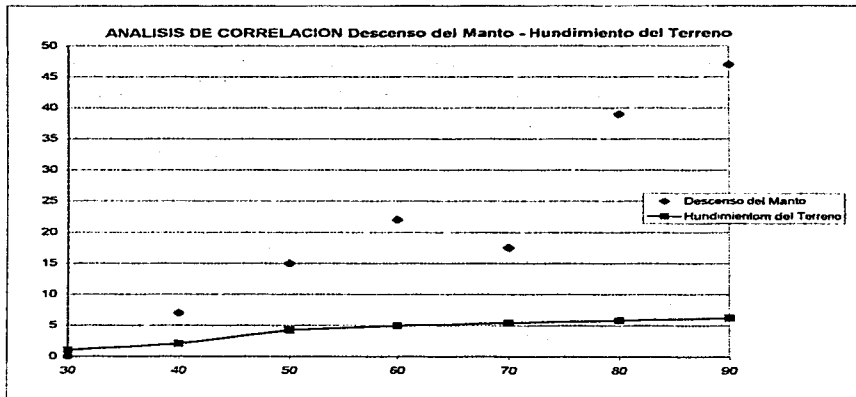
Y	Y'	Dif	r2	X	X'	Dif	Difz
1.01	2.03	-1.02	1.0505503	0	-9.8392	9.84	86.810253
2.02	2.76	-0.74	0.5537773	7	-0.1436	7.14	51.0316495
4.21	3.60	0.61	0.3751172	15.00	20.8794	-5.88	34.567779
4.95	4.33	0.62	0.388465	22.00	27.9831	-5.98	35.7978018
5.38	3.86	1.52	2.316606	17.50	32.1109	-14.61	213.479742
5.83	6.10	-0.27	0.0716318	39.00	36.4308	2.57	6.60100895
		0.72	4.76			-6.92	438.29
	Var Y		0.95		Var X		87.66
			0.72	-8.92	-4.99	24.9041594	
			4.76	87.66		416.91	

$r_2 = \frac{5.97347}{0.776} = 7.70$

$t = \frac{0.8810}{0.2238} = 3.94$

$t = \frac{0.8810}{0.4731} = 1.86$

$t = \frac{1.9700}{0.4731} = 4.16$



EL CRECIMIENTO URBANO, CAMBIOS EN LOS USOS DEL SUELO Y EFECTOS EN LA  
HIDROLOGÍA, XOCHIMILCO, D.F., DE 1930 A 2000.

**Efectos del crecimiento urbano en la disminución de la recarga del acuífero.**

Considerando el mismo procedimiento utilizado para determinar el balance hidrológico, es posible efectuar comparaciones de almacenamiento y extracción, es lógico suponer que para un volumen sin cambio en el cuerpo de agua subterráneo la extracción y la recarga deberían ser iguales. Para cálculo del cambio de volumen de almacenamiento, el descenso en el nivel piezométrico en el Sur de la delegación es en promedio anual de 0.76 m. de 1952 al año 1996.

En el caso de la variable extracción, el volumen no se ha incrementado, sigue siendo de prácticamente el mismo para el año 1990, y de 4.92 m<sup>3</sup>/seg. en el año 2000. según las cifras de cuantificaciones de pozos operados por DGCOH y GAVM, gracias a los datos proporcionados por el Departamento de Planeación de la DGCOH (ver listado y suma en el anexo). No existen datos de extracción para presentar un tamaño de muestra aceptable, debido a la pérdida de información de la DGCOH durante los sismos de 1985.

Calculando los volúmenes de cambio obtenidos a partir de la suma de las áreas y volúmenes según las curvas de nivel piezométrico obtenidas por Lesser (1999) para el periodo 1986 a 1999 (3). (ver, *mapa 12, pag. 69*), encontramos que para la zona de explotación sur los cambios por almacenamiento de 1995 a 1999, alcanzan 16.083 millones de metros cúbicos, lo que representa una disminución de 0.17 m<sup>3</sup>/seg. (4) al año en la recarga del manto, en esta disminución probablemente influye la disminución del volumen infiltrado, debido al aumento durante el periodo anterior a 1984 del área de uso del suelo urbano, incrementando el volumen de escurrimiento superficial del precipitado.

Considerando la tasa de crecimiento anual de 203.14 ha./año (1930 –1996), la zona urbanizada durante el periodo 1984 a 2000 fue de 3,250.24 ha. ubicadas predominantemente en la zona cuyo promedio de iso infiltración es de solamente 250 mm./año, se calcula que para una tendencia de crecimiento urbano bajo, para el año 2080 de saturaría la zona de infiltración, en un planteamiento de alto crecimiento urbano el fenómeno de efectuaría para el año 2035 (ver *esquemas gráficos de tendencias Pág.70*).

Es evidente que si el crecimiento urbano se mantiene, ubicándose sobre las zonas altas de mayor infiltración el efecto será más grave, por tal motivo es importante detener el crecimiento de los poblados considerados rurales en el Programa de Desarrollo Urbano delegacional, al sur de la delegación, paulatinamente se consolidan tendiendo a funcionar desde el punto de vista hidráulico como zonas de alto coeficiente de escurrimiento superficial, en detrimento de la recarga.

La estimación solamente es valida suponiendo que el funcionamiento de la zona de explotación sur, por la dirección de los flujos laminares hacia el norte no recibe aportes al manto desde otras fuentes que no sean las de la recarga infiltrada en las subcuencas de la Sierra del Chichinautzin, y que los aportes desde la subcuenca Tláhuac - Chalco son negligibles, incluyendo solo del 1% del total de aportaciones (2.6 E+06 m<sup>3</sup>/año).

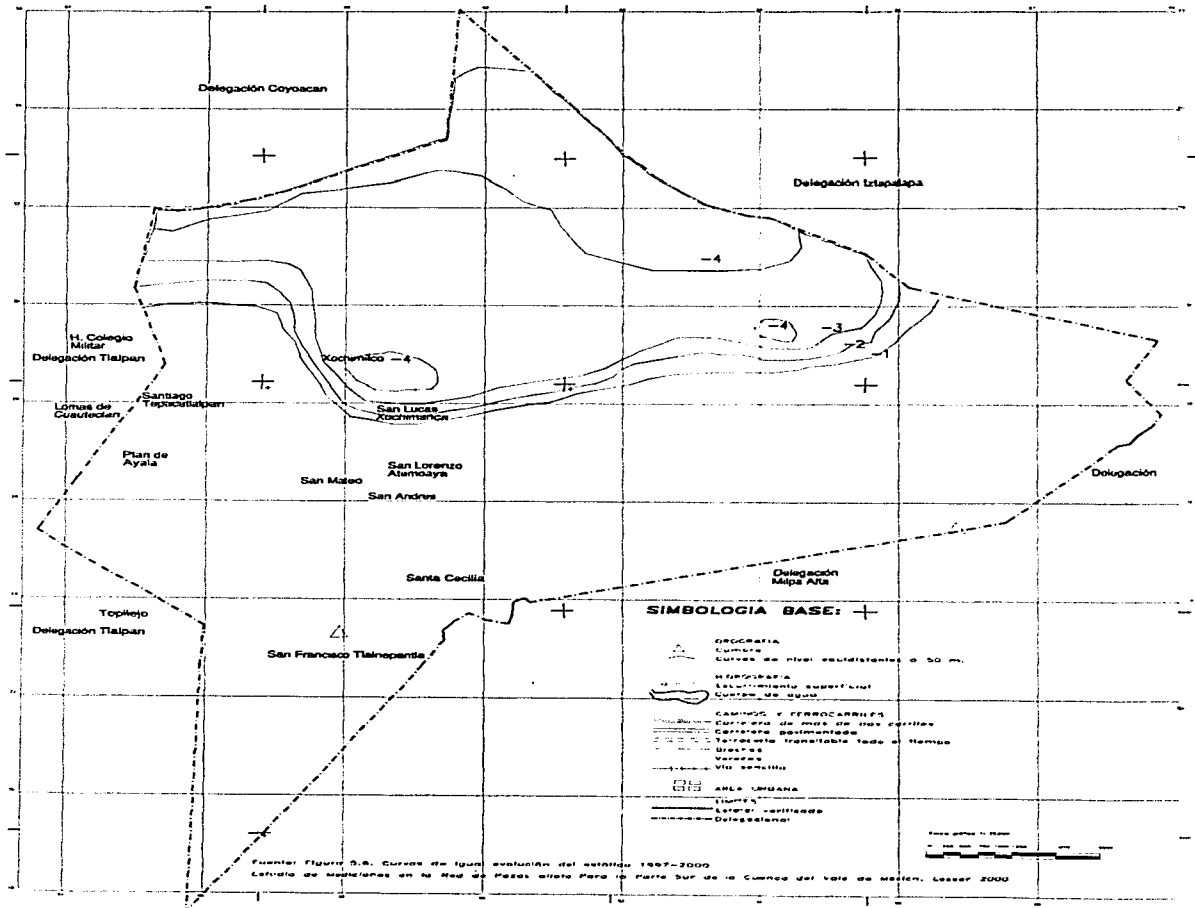
Así mismo se puede inferir que si el periodo de tiempo transcurrido entre la infiltración y la recarga en el manto fuese mayor a los 14.6 años, según lo expuesto en el apartado "Dinámica del flujo de recarga en el tiempo", las variaciones tendientes a restablecer el balance hidráulico mediante menor extracción (4.9 m<sup>3</sup>/seg.) y mayor inyección (4.4m<sup>3</sup>/seg.), y su efecto en los cambios en el volumen almacenado, todavía no son apreciables en los datos del nivel piezométrico, que continuó su tendencia al descenso en el año 2000.

(3) Estudio de La Evolución de los Niveles Del Agua Subterránea en la zona de explotación del D.F. mediciones y Balance. D.G.C.O.H. . Lesser, 1999, Plano Evolución del Nivel estático 1996-1999, y figura 4.5 coloc. D.G.C.O.H. G.2.0-7246-L173e.

(4) 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, D.G.C.O.H. coloc. 1.8 (7547) L173e

EL CRECIMIENTO URBANO, CAMBIOS EN LOS USOS DEL SUELO Y EFECTOS EN LA  
HIDROLOGÍA, XOCHIMILCO, D.F., DE 1930 A 2000.

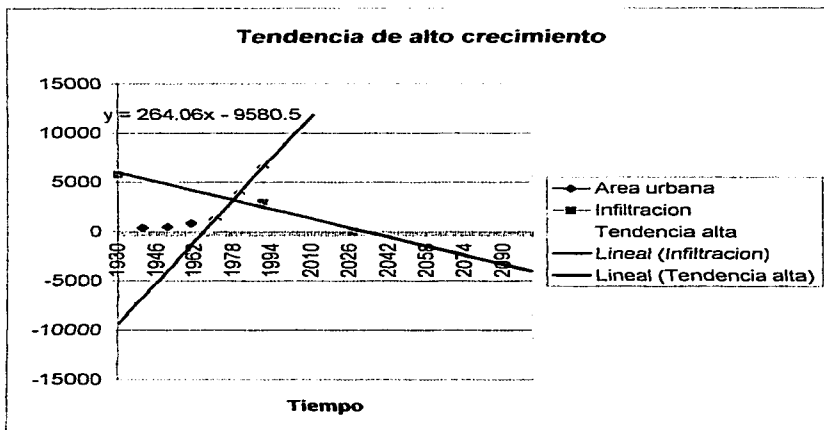
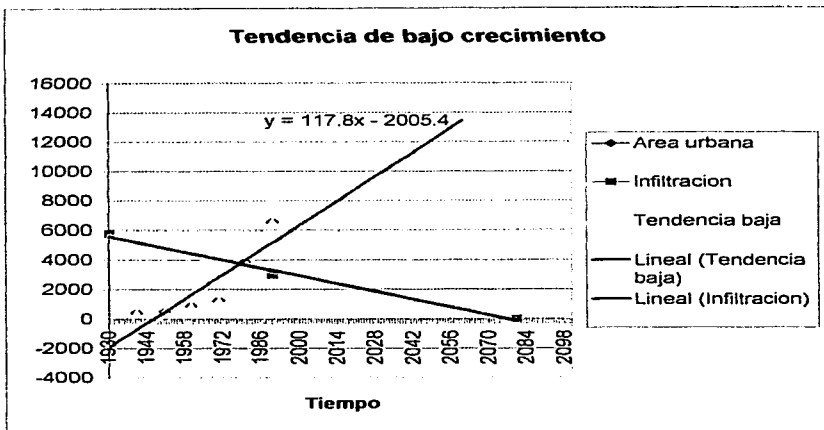
Mapa 12, Curvas de evolución del nivel estático de 1997 a 2000





EL CRECIMIENTO URBANO, CAMBIOS EN LOS USOS DEL SUELO Y EFECTOS EN LA  
HIDROLOGÍA, XOCHIMILCO, D.F., DE 1930 A 2000.

Gráfico, tendencias de crecimiento urbano e infiltración.



### **Descenso del área de producción agrícola.**

Es notable la tendencia a la disminución de área cultivada en el ámbito de la delegación pues pasó de ser de 5,124 has (5), en 1930, según el Primer Censo Ejidal del D.F., Delegación Xochimilco (1935), a 2,109 has. en 1990, según el Anuario Estadístico Delegacional (1990). Comparando estas cifras con el total del D.F. el volumen descendió 27.7 % mientras que para el mismo periodo se abatió en 41% para el área de Xochimilco. Es importante advertir como para 1940 la superficie cosechada había disminuido en diez años 37.5%.

El área cultivada en números absolutos ha aumentado 58% en cuarenta años de 1945 a 1990, sin embargo por la ubicación espacial de esta frontera podemos deducir que se trata de cultivos de temporal con baja productividad.

### **Efectos del descenso de la producción agrícola en la población ocupada.**

Resulta significativo advertir como aún cuando existe una tendencia a la disminución real de la superficie cultivada, así como del volumen de agua para cultivo, el volumen de población dedicada a la agricultura no ha descendido significativamente y aun con algunos altibajos se conserva desde 1930 cuando existían 7,946 agricultores, hasta 1990 cuando en el censo se observaron 7,095.

Resaltando la proporción de agricultores por Ha. de 1.34 en 1930 a 3.36 en 1990. Lo cual parece no ser indicativo de la tecnificación de los procesos o intensificación de la producción. Observando las tendencias hacia la tecnificación de la producción; la optimización de cultivos destinados a demandas de consumo más sofisticado, a la privatización y concentración de los bienes de producción, es difícil establecer una relación causa - efecto debido a la complejidad de importantes modificaciones sucedidas en estos últimos años de funcionamiento del sistema chinampero.

### **Efectos de la disminución del volumen de agua para agricultura en la producción agrícola.**

Al momento de iniciar el proceso de desecación del acuífero, es notoria su correspondencia con el periodo de estancamiento de la agricultura de jugo, de 2,123 ha. a 2,062 ha. entre 1940 y 1950, así mismo se puede apreciar la detención del proceso de crecimiento físico urbano, con la tasa de crecimiento mas baja de todo el periodo de análisis, siendo de solo 11.5 Ha. Anuales entre 1940 y 1950, no debiéndose a la disminución de la tasa de crecimiento demográfico, sino mayormente al estancamiento económico en la esfera agrícola.

Al momento de la conurbación, quedó asentado como se acelera la tasa de crecimiento urbano hasta 25.89 Ha. decenales, durante el periplo 70-80, mientras por otro lado, continua el proceso de disminución de áreas de uso de suelo agrícola de jugo o humedad, acentuándose la tasa de decremento a 62.19 Ha. Anuales durante el periodo 70-96.

El análisis de correlación de área de jugo con el volumen de extracción, que se presenta en las Págs. 72 a 74, no obtuvo resultados de fuerza, siendo el coeficiente de correlación  $r=-0.11$ , explicando que solamente al inicio de las explotaciones, fueron palpables los cambios en extensión de las chinampas, efecto que se alivia con la operación artificial del cuerpo superficial a partir de 1951, cuando se concluye la planta de tratamiento de aguas residuales del Cerro de la Estrella, al igual que por los aportes del agua de lluvia que se almacena en el vaso.

---

(5) Primer Censo Ejidal del D.F. 1935, DAPP, Secretaria de Economía Dirección General de Estadística.

EL CRECIMIENTO URBANO, CAMBIOS EN LOS USOS DEL SUELO Y EFECTOS EN LA HIDROLOGÍA, XOCHIMILCO DE 1930 A 2000

ANÁLISIS DE REGRESIÓN LINEAL SIMPLE

X=Área de Producción Agrícola de Jugo en M. Y= Extracción de agua en M<sup>3</sup>/seg.

Observación	30	40	50	60	70	80	90	0 sumas
X	2.21	2.24	2.173	2.180	2.198	1.70	1.203	0.00
Y	2.10	3.00	3.60	7.50	8.00	7.60	4.50	0.00
X <sup>2</sup>	4.88	5.02	4.72	4.75	4.83	2.89	1.45	0.00
X*Y	4.6	6.7	7.8	16.4	17.6	12.9	5.4	0.0
								13.90
								36.20
								28.54
								71.23

$$a = \frac{7 \cdot 71 - 29 \cdot 36}{193.321216} = \frac{498.638 - 1052.4}{193.321216} = \frac{-553.762}{193.321216} = -2.864$$

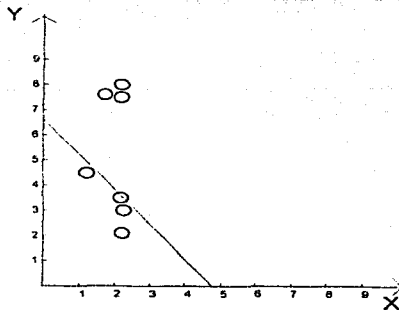
$$a = \frac{-5}{6} = -0.833$$

$$b = \frac{29 \cdot 36 - 71 \cdot 13.90}{193.321216} = \frac{1044 - 986.9}{193.321216} = \frac{57.1}{193.321216} = 0.295$$

$$b = \frac{43}{6} = 7.167$$

$$Y = -0.72 X + 6.61$$

EXPRESIÓN DE LA ECUACIÓN



EL CRECIMIENTO URBANO, CAMBIOS EN LOS USOS DEL SUELO Y EFECTOS EN LA HIDROLOGÍA, XOCHIMILCO DE 1930 A 2000

CALCULO DEL INDICE DE CORRELACION r

Observacio	30	40	50	60	70	80	90	8 sumas	
X	2.21	2.24	2.17	2.18	2.20	1.70	1.20	0.00	14
Y	2.10	3.00	3.50	7.50	8.00	7.60	4.50	0.00	36
X <sup>2</sup>	4.88	5.02	4.72	4.75	4.83	2.89	1.45	0.00	29
y <sup>2</sup>	4	9	12	56	64	58	20	0	224
X*Y	5	7	8	16	18	13	5	0	71

$$r = \frac{7 \cdot 71 - 14 \cdot 36}{\sqrt{7 \cdot 29 - 193} \cdot \sqrt{7 \cdot 224 - 1,310}}$$

$$r = \frac{499 - 503}{\sqrt{199.8 - 193} \cdot \sqrt{1567.44 - 1,310}}$$

$$r = \frac{-5}{\sqrt{6.5} \cdot \sqrt{257}}$$

$$r = \frac{-4.7}{\sqrt{1,688}}$$

$$r = \frac{-4.7}{\sqrt{40.84}}$$

$$r = \frac{-0.11476028}{-0.11476028}$$

CALCULO DEL ERROR ESTANDAR DE AJUSTE

Y=	-0.7 X	Y	Y'	Y-Y'
Y=	-0.7	2.21	6.61	7.84
Y=	-0.7	2.24	6.61	7.55
Y=	-0.7	2.17	6.61	8.20
Y=	-0.7	2.18	6.61	8.13
Y=	-0.7	2.20	6.61	7.96
Y=	-0.7	1.70	6.61	13.53
		13	30.46	53.21

$$e = \frac{7.294358556}{6} = 1.22$$

EL CRECIMIENTO URBANO, CAMBIOS EN LOS USOS DEL SUELO Y EFECTOS EN LA HIDROLOGÍA, XOCHIMILCO DE 1930 A 2000

INDICE DE DETERMINACION			r <sup>2</sup>			Dif			Dif <sub>2</sub>	
Y	Y'	Dif	Dif <sub>2</sub>	X	X'	Dif	Dif <sub>2</sub>			
	2.1	5.01	-2.91	8.4673356	2.21	6.2393	-4.03	16.2355497		
	3	4.99	-1.99	3.9529533	2.24	4.9931	-2.75	7.57952357		
	3.50	5.04	-1.54	2.3611057	2.17	4.3007	-2.13	4.52726222		
	7.50	5.03	2.47	6.0933255	2.18	-1.2381	3.42	11.683544		
	8.00	5.02	2.98	8.8891353	2.20	-1.9305	4.13	17.0443223		
	7.60	5.38	2.22	4.9365031	1.70	-1.3766	3.08	9.48541441		
			1.24	34.70			1.71	66.54		
		Var Y		6.94			Var X	13.31		
				1.24		1.71	2.12	4.49088425		
				34.70		13.31		461.76		

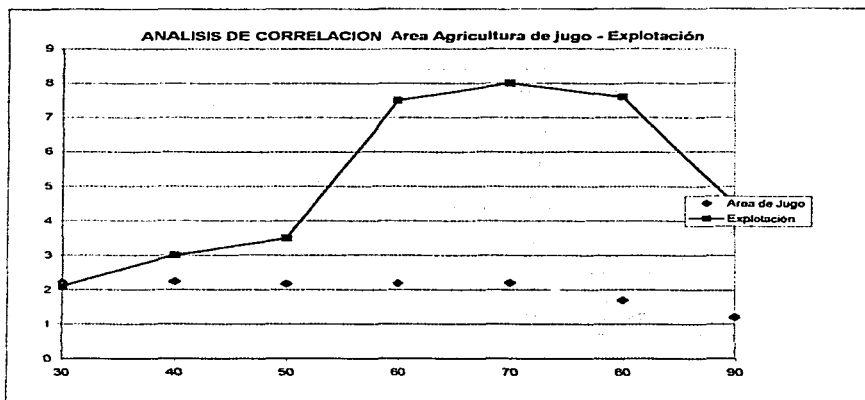
$$r^2 = \frac{2.12 \times 4.49088425}{13.31 \times 6.94} = 0.97255 \quad 0.013$$

$$t = \frac{-0.1148}{\frac{1}{\sqrt{0.0132}}} = -2$$

$$t = \frac{-0.1148}{\frac{0.9868}{5}} = -0.58$$

$$t = \frac{-0.1148}{\frac{0.9934}{2.24}} = -0.26$$

$$t = \frac{-0.2566}{\frac{0.9934}{1}} = -0.26$$



EL CRECIMIENTO URBANO, CAMBIOS EN LOS USOS DEL SUELO Y EFECTOS EN LA  
HIDROLOGÍA, XOCHIMILCO, D.F., DE 1930 A 2000.

Los estudios realizados en 1952 para restablecer el lago de Xochimilco contienen un análisis agrológico detallado de la zona baja de Tlahuac, en los que se evaluaron las laminas de riego para los diferentes tipos de producto resultando ser en el ámbito general:

Cultivo:	Volumen total anual de M3 de agua por Ha.
Hortalizas	12,600
Flores	10,500
Maíz	1,800
Avena	3,600
Trébol	10,500
Frijol	2,600
Alfalfa	11,600

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

Como se aprecia la producción de flores requiere de relativamente altos recursos de agua, sin embargo la tendencia a incrementar esta variedad, como se ha señalado, ayuda a disminuir la producción de productos hortícolas con altos índices de contaminación. Es destacable la importancia actual del cultivo de la flor, no como salida a la escasez de agua, o como resultado del ajuste tecnológico que aprovecha la experiencia cultural de los productores agrícolas locales con las nuevas cualidades de la demanda de mercados mas abiertos y especializados, sino más bien como alternativa para aprovechar el recurso hídrico sin peligro de producir alimentos contaminados.

El Volumen de perdida por evapotranspiración, es sumamente alto calculándose para la zona en 80% anual por lo que si se calcula que las 724 ha. que aun restan dentro del área de reserva requieren 0.24 m3/seg. al año sin considerar evapotranspiración, el volumen necesario únicamente para irrigación, considerando las perdidas, tendría que ser cercano a 2.16 m<sup>3</sup>/seg. la planta de Cerro de la Estrella proporciona entre 2 y 3 m<sup>3</sup>/seg. sin embargo este volumen, no solamente se aprovecha para riego.

#### Efectos en la productividad agrícola.

Los cultivos tradicionales como el del maíz, ha. ido decayendo en rendimiento según el 1er. Censo Agrícola Ejidal (1930) de 7,7 T/ha. en 1930, a 1.23 T/ha. en 1990 según el Anuario Estadístico Delegacional (1990) sin embargo lo más importante es advertir como la producción de maíz, que considero ser un buen indicador de la tendencia de cambio de variedad producto, disminuyo su importancia relativa en la producción delegacional de ser de 6,768 Ton. en 1930 a tan solo 160 Ton. para 1990.

Si comparamos los indicadores de productividad de maíz, señalados por Santamaría y retomados por Canabal Calstiani (1986), la productividad ha ido descendiendo, metodológicamente, la correlación numérica de variables, es óptima cuando los atributos de la información de la muestra permanecen constantes, desgraciadamente en el caso de la variable referente a la productividad agrícola, los estudios al respecto (De Alzate y Ramírez, 1791; Tylor, 1861; Santamaría, 1912; Schiling, 1838) son poco precisos ya que sus mediciones fueron en términos de medición de peso en cuartillos, y de área en varas, lo que infiere, algunos pequeños errores de precisión.

#### Productividad de Maíz en grano por Ha. :

1910 en área de chinampas	7.8 T./Ha., fuente: (Santamaría) (6)
1989/90 promedio en la delegación.	2.79 T./Ha.
1995/96 promedio en la delegación.	1.85 T./Ha.*

\*Fuente: Cuaderno Estadístico Delegacional D.D.F. edición 1997, INEGI.

(6) Rescate de Xochimilco, Canabal Cristiani Beatriz, U.A.M. Xochimilco, 1986.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## EL CRECIMIENTO URBANO, CAMBIOS EN LOS USOS DEL SUELO Y EFECTOS EN LA HIDROLOGÍA, XOCHIMILCO, D.F., DE 1930 A 2000.

Para tener una idea comparativa, de niveles de eficiencia dentro del ámbito internacional, aplicando  $9,00 \text{ m}^3$  de agua por ha. el rendimiento promedio debe ser de 7.7 T./ha.(7) mucho más de los rendimientos promedio en la delegación.

### **Efecto del descenso piezométrico en el consumo de energía eléctrica.**

Durante el año 1996, el número de pozos en la delegación fue de 78 de los cuales el promedio funciona con un coeficiente de eficiencia de 75%, a una profundidad promedio de 55 m. mayoritariamente las capacidades de bombeo son de mas de 50 lts. por seg.

Si se calcula el consumo de energía necesaria para extraer un metro cúbico de agua a la superficie, encontramos que requiere de 660 H.P. y tal potencia consume aproximadamente 485.76 Kw. de energía eléctrica.

Los cobros por consumo de agua están subvencionados de tal forma que solamente se recupera en el D.F. el 6.67% del costo real de aprovisionamiento y el 26.0% en el Estado de México. (8) *las tarifas para 2001 pueden verse en la Pág. 105.*

(7) Water Use in Agriculture, Vashek Cevrínka, Agriculture Resources Branch, California Department of Food and Agriculture, Sacramento, Calif. 1989.

(8) Instituto Nacional de Investigaciones Ecológicas, México, 1998.

## **XI SINTESIS DEL PROBLEMA**

### **Explicación del fenómeno**

Se advierte una contradicción entre los intereses de la ZMCM, 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 necesidad creciente y acumulada de suelo urbano ha modificado de manera acelerada los usos del suelo urbanos de la delegación cubriendo en 1996 el 52% del área, ocasionando menor infiltración de la lluvia que recarga al manto, se deduce que la paulatina obstrucción influye negativamente en el balance del acuífero, en la actualidad resulta deficitario (-8.1%), su disminución se aprecia en el manto hasta después de 15 años, los efectos en el nivel freático y concomitantemente en el hundimiento del suelo, son proporcionalmente sentidos.

El inicio de la explotación ocasionó daños a 27,712 personas ocupadas en la agricultura, correspondiendo en 1930 al 30% de la PEA. Los espacios de agricultura intensiva chinampera, no han logrado ser plenamente rescatados del desajuste, encontrándose en 1996 una extensión de mas de 550 ha sin aprovechamiento o inundadas, forman prácticamente un vacío urbano.

No existe control temporal específico de los niveles y superficies de agua, ocasionando inestabilidad e incertidumbre en las inversiones, una salida para algunos propietarios ha sido la integración a la floricultura, sin embargo tal actividad, no mantiene la demanda en volumen ni en importancia que tenía originalmente la producción para el mercado de alimentos.

La contradicción entre los intereses de los propietarios del suelo de chinampas con la normatividad del programa delegacional, genera sitios construidos 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.

## XII CONCLUSIONES

- El balance hidráulico en el manto durante el 2000 fué deficitario por  $-0.04 \text{ m}^3/\text{seg.}$  (ver pág.55)
- El manto se deprimió  $-0.71 \text{ m.}$  anualmente de 1930 a 1996. (ver pág. 62)
- El crecimiento físico urbano alcanzó  $6,527 \text{ ha}$   $52.1\%$  del área de la delegación en 1996. (ver pág.28)
- La tasa de crecimiento urbano moderado es de  $203.14 \text{ ha/año}$ , la tendencia alta,  $330.08 \text{ ha/año.}$  (ver pág. 68)
- La infiltración se suspenderá entre los años 2036 y 2080. (ver pág. 70)
- El efecto de la suspensión de infiltración será apreciable hasta 16 años más tarde. (ver pág. 58)
- En el futuro, en promedio se dejarán de infiltrar  $0.0991 \text{ m}^3/\text{seg/año}$  por crecimiento urbano.

La zona de explotación sur, ha sido sobre explotada, los resultados indican que el volumen de extracción en la actualidad (2000, considerando pozos de DGCOH y GAVM) es de  $4.9 \text{ M}^3/\text{seg.}$  contra el volumen calculado de recarga en 1964 de  $4.5 \text{ m}^3/\text{seg/año}$ , en condiciones de infiltración óptima. Se estima que en la actualidad los volúmenes de infiltración sean menores debido a que las zonas construidas alcanzaron en 1996, una extensión de  $3,923 \text{ has.}$  alcanzando a cubrir el  $52.15\%$  de la superficie total de la delegación. Existe correlación entre los descensos del manto freático con los hundimientos del terreno.

Valiéndose de los estudios de trazadores ambientales, así como de los de velocidad de transmisión, se infiere que la explotación se efectúa con aguas modernas (menos de 40 años de antigüedad), por ello, los efectos del crecimiento urbano sobre las zonas altas de las áreas en unidades geológicas de mediana transmisividad son perceptibles a través del abatimiento piezométrico con un desfase probable de entre 12 y 16 años.

Se estima que de conservarse la tasa y el patrón de crecimiento urbano, dependiendo de factores políticos, económicos y demográficos en la región, se cubrirá totalmente la zona de infiltración en el año 2080, para la tendencia moderada, y según la alta para el año 2036. Es indudable que a medida que avanza la extensión de las áreas construidas va consecuentemente disminuyendo el volumen de recarga a los mantos freáticos, efecto que podrá percibirse hasta 12 años más tarde.

El manto subterráneo de la subcuenca, no tiene acuíferos hacia el sistema de Valle de Morelos, mientras el cuerpo lacustre superficial del ex – vaso de Xochimilco, se encuentra desligado del resto del sistema hidrológico, bajo manejo predominantemente artificial, debido tanto a la interrupción de los aportes superficiales originales o existentes antes de 1930 (Río Santiago, Río Tepapanitla), así como al descenso del nivel piezométrico de los flujos laminares subterráneos por debajo de la cota ( $2240\text{m.s.n.m.}$ ) de la cima de la planicie lacustre que forma el acuitardo superior.

La ubicación de 22 colonias en asentamientos carentes de servicios de drenaje, sumando  $14,450$  personas, asentadas sobre unidades geohidrológicas basálticas del Cuaternario, producen entre  $158$  y  $237 \text{ m}^3$  de lixiviados al año, que en diferente concentración y predominantemente en la época de lluvias se agregan a los flujos de la recarga procedente de la serranía, sin embargo no existe un procedimiento para detectar en el manto el tiempo ni la dirección de percolación de lixiviados, en las zonas carentes de servicios de captación de aguas servidas.



EL CRECIMIENTO URBANO, CAMBIOS EN LOS USOS DEL SUELO Y EFECTOS EN LA  
HIDROLOGÍA, XOCHIMILCO, D.F., DE 1930 A 2000.

Las diferencias entre las tasas de disminución de tierra agrícola de jugo o humedad, no coinciden con los momentos de mayor presión al explotar los mantos, resultaron en correlación en pequeña extensión de tiempo, el crecimiento urbano se dio mayormente sobre terrenos de cultivo de temporal y espacios abiertos que hacia la zona lacustre, quizá las cualidades edafológicas hayan variado hasta provocar que zonas que hasta 1970 eran cultivables, pasaron a ser abandonadas para formar parte de las áreas desaprovechadas e inundables.

Es probable la escasez de agua para riego en la zona sur de las chinampas, para el año 2000, las áreas de cultivo bajo riego son muy escasas comparadas con el área total cultivable, esto es, el área de riego representa el 8.98% del área de cultivo total, de acuerdo a estos cálculos se requiere de un volumen total mensual de agua de riego de 216,208 m<sup>3</sup> (aparte precipitación), mientras que la disponibilidad actual de agua tratada es de 919,800 m<sup>3</sup>. de ello se desprendería que existe agua suficiente para el riego de productos agrícolas, sin embargo, mas del 50 % de esta, se pierde por evapotranspiración, del resto, la mayor parte del agua residual tratada se emplea para riego de jardines y camellones y para mantener los volúmenes de los canales de la zona norte con predominio de uso turístico.

Se han invertido los roles de importancia de las zonas lacustres y de las vialidades, mientras en su origen los asentamientos se ordenaban con respecto a los canales, en años recientes son las circulaciones vehiculares las que determinan la pauta de crecimiento urbano. Las mismas cualidades de tipo ambiental que originalmente constituían un atractivo no solo para los lugareños, ahora obligan a concebir la zona de canales como un lugar de bajo valor estético y ambiental. No por ello exentas de los intereses legítimos de sus propietarios para construir de manera irregular, dentro de zonas propensas a inundaciones y carentes de servicios urbanos.

### Conclusiones finales.

Inserta dentro de la contradicción suelo urbano-suelo agrícola, el área de chinampas constituye una isla de vacío sin la necesaria definición del Programa de Desarrollo Urbano. El uso de suelo de Protección Ecológica requiere ser más específico y enfático en detallar acciones para conservar y aprovechar mas eficientemente las cualidades de cada tipo de espacio en particular, alcanzando mayor discrecionalidad y sobre todo efectividad en su implementación.

Entre las vicisitudes que las áreas periféricas de la ciudad presentan, incluyendo a Xochimilco, está el descuido de no controlar estrictamente la normatividad de zonificación de usos del suelo, aún a costa de popularidad política de corto plazo de las autoridades administrativas.

El desarrollo urbano, es considerado 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. "El crecimiento que se alimenta de sí mismo produce aún mayor crecimiento (crecimiento exponencial), penetra a través tanto de los sistemas naturales como de los sociales, formados por el hombre"(1). Si uno solo de los insumos; 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 decrecimiento 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.

---

(1). Denis L. Meadows, Donella H. Meadows, Toward Global Equilibrium: Collected Papers, 1974.

### **Tendencias de la actual dinámica.**

Aplicando el planteamiento utilizado en el inciso referente a la explicación del fenómeno (Capítulo XI) y aprovechando los resultados obtenidos de la proyección del crecimiento, se observa que, para el área de jugo o humedad, las tasas de crecimiento urbano hacia estas áreas, irá disminuyendo si es que se mantienen las políticas de desarrollo urbano para este programa parcial, de tal manera que, si bien para el año 2000 el porcentaje ocupado de la superficie existente en 1940 era de 43.08 %, se calcula que para el año 2100 la ocupación significara el 66.49%.

Seguramente las tasas de crecimiento urbano seguirán siendo altas para 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 el señalado, por un lado, las inundaciones, y por otro las pendientes.

En lo referente a explotación de acuíferos, lo más significativo, se efectuó durante la época de los años 1930 a 1940 y a partir de ese momento, se tiende a balancear el sistema, en cuanto al volumen del cuerpo superficial, que como ya se enunció, se controla predominantemente de manera artificial, el límite de explotación en el balance hidrológico ha sido sobrepasado, y depende directamente de las políticas de operación y manejo la tendencia de conservación del acuífero.

Las áreas de cultivo en chinampa, se han adecuado en ubicación y variedad de cultivo, así como en implementación de tecnologías de vanguardia, el volumen de los aportes de agua tratada podrá aumentar al ponerse en funcionamiento la nueva planta de Tláhuac; sin embargo, los volúmenes están en relación a las demandas de otros usos del agua y a la demanda en otras delegaciones, quedando en parte sujeto a decisiones influidas por factores políticos.

Por otro lado los agricultores más pobres con economías de autoconsumo en el área de chinampa, cultivando fundamentalmente maíz y verduras, conservan una extensión que disminuye por la presión de cambio de uso del suelo, mantienen los rendimientos dentro de los parámetros de cultivo de temporal, gracias al volumen de precipitación que es comparativamente de los más elevados dentro de la cuenca del valle, estos grupos sociales, aún cuando en muchos casos han cambiado su producción por la de flores de ornato, siguen la inercia de crecimiento demográfico de su volumen de población, se vislumbra mayor concentración de personas por hectárea, significando mayor presión sobre las tierras de cultivo, y la tendencia a usos de suelo cada vez más densificados.

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

### **Jerarquía de las variables.**

Examinando el predominio o sobredeterminación de unas variables sobre otras, se corroboró la relevancia a las variables de crecimiento urbano sobre la infiltración, extracción de agua de pozos y decrecimiento de uso de suelo agrícola de jugo.

No se hace evidente que la presión demográfica influya directamente sobre la velocidad de ocupación de la zona de producción agrícola en las chinampas.

Como hemos señalado la precipitación es prácticamente una constante, y gracias a ella se mantiene un 7.09% de la PEA de la delegación, dentro de la agricultura, ya que los volúmenes de

## EL CRECIMIENTO URBANO, CAMBIOS EN LOS USOS DEL SUELO Y EFECTOS EN LA HIDROLOGÍA, XOCHIMILCO, D.F., DE 1930 A 2000.

agua tratada que es derivada son muy bajos (1 a 3 m<sup>3</sup>/seg.) no logrando mejorar la extensión ni profundidad de los canales.

Una de las variables que han ido modificando su importancia a través del tiempo, es la extracción, que resultó fuertemente impactante al inicio de los años 30, y a medida que transcurre el tiempo deja de ser relevante para la agricultura y sumamente importante para el balance hidrológico.

La variable de área de cultivo que aparecía como un indicador interesante para valorar correlaciones con otras variables, no obtuvo resultados de alta correlación, esta área debe haber seguido manteniendo su extensión gracias a la abundante precipitación de temporal, quedando exenta de los cambios en las variables utilizadas en el estudio, no así, la de cultivo de jugo, demostrando en los últimos decenios su total dependencia del volumen artificial de líquido suministrado, y aún cuando se hayan derivado canalizaciones de agua tratada para mantener el volumen de agua, la extensión y profundidad no lograron ya no digamos restablecerse, ni siquiera estabilizarse.

### **Efectos de la práctica.**

Es preocupante la velocidad de abatimiento del manto frático, con lugares de hasta 6 m. en menos de tres años, así mismo, la posible contaminación del manto por reinyección de agua insuficientemente tratada, de cuyos efectos no podemos estar completamente seguros ya que debido a las características geohidrológicas del subsuelo, los procesos de infiltración pueden evidenciar efectos hasta tiempo después de efectuada la inyección. Es conveniente justificar las decisiones de reinyección bajo planteamientos éticos minuciosos y aplicando los recursos técnicos y científicos actuales.

Es palpable como en sesenta años Xochimilco se transformó de una población tradicionalmente agrícola en un suburbio de la gran ciudad, sin embargo la zona de chinampas no ha sido integrada al desarrollo, aparte de no lograr definir e intensificar su rol, se convierte en espacio intransitable, barrera que obstruye la adecuada accesibilidad desde las zonas centrales.

Aún cuando la temática no contempla el análisis de los efectos sociales del fenómeno, es razonable suponer que una decisión de índole administrativo hizo que en 1930, de 1712 ha. de jugo, el 28% de las mismas se convirtieran en terrenos de temporal, disminuyendo su productividad de 4.7 ton./ha. a solo 1.7 ton./ha., ocasionando el consecuente impacto económico que ello supuso en su momento para los propietarios o poseedores.

A escala regional, tal decisión influyó respecto al valor relativo, y sobre todo la estrategia, que el área tiene o tuvo como posible o real fuente de abasto de alimento para la ciudad, con todos los consiguientes efectos sobre la sustentabilidad de la zona de dependencia ecológica de la ciudad.

### **Evaluación de hipótesis de acuerdo a resultados.**

La hipótesis planteada originalmente resultó cierta, ya que como se demuestra en la síntesis, el actual proceso de desarrollo urbano crece sobre zonas que actualmente funcionan como áreas de recarga, de no corregirse el patrón, irán decreciendo las zonas de infiltración y con ello, los volúmenes de recarga de los mantos acuíferos.

### XIII RECOMENDACIONES.

- A) Programa para proteger las áreas de infiltración.
- B) Programa para establecer un polígono de inundaciones.
- C) Programa de disminución de extracción de agua subterránea.
- D) Programa de incremento del volumen de infiltración.
- E) Programa de mejoramiento de la calidad e incremento de volumen de agua tratada.
- F) Programa de control de lixiviados.

#### Recomendaciones Físico – espaciales.

A) PROGRAMA PARA PROTEGER LAS AREAS DE INFILTRACION, Es conveniente evitar que las zonas construidas avancen sobre las de funcionamiento de recarga, por lo que debe establecerse un compromiso de las autoridades para protegerlas.

Las características de la zona del Chichinautzin coinciden con el concepto; áreas de ecosistemas o su combinación de áreas terrestres costeras o marítimas, que el programa de la UNESCO Man And Biosphere (MAB), ha reconocido como reservas para espacios urbanos o periurbanos(1).

Tales áreas deben contener entre sus características alguna función dirigida a: conservación, desarrollo o soporte logístico (2).

Inserta dentro del último rubro es posible comprometer el espacio en cuestión, debido a su función como soporte logístico para el funcionamiento de la Z.M.C.M., y ser incluida dentro de los protocolos para zonas naturales protegidas bajo convenios entre diferentes niveles de autoridad con el programa MAB.

Estas iniciativas surgieron después de la " Convención Sobre Humedales" en Ramsar, Irán en 1971(3). Alcanzando más tarde, durante la conferencia de Sevilla del 20 al 25 de Marzo de 1995, su mayor aproximación metodológica al ser reconocidas, tres tipos de zonas generalmente concéntricas y dísticas; central, amortiguamiento y transición. Obviamente los niveles de protección van disminuyendo según de alejan de la zona central.

El reconocimiento de la importancia de estos sitios para las áreas urbanas, fue el 4 de Julio de 1998 cuando se dio a conocer el marco de los trabajos de " Aplicación del Concepto de Biosfera para Áreas Urbanas y sus Hinterlands" señalando como fundamental comprender que estas iniciativas deben ser consideradas como " un pacto entre la comunidad local y la sociedad en general " y que las erogaciones efectuadas en ese sentido, deben ser tomadas como una inversión en nuestra mayor posibilidad de vida para un mejor futuro" (4).

Por facilidad, se deben aprovechar los lineamientos que ya guardan los espacios a través del Programa Delegacional de Desarrollo Urbano, que establece una diferenciación física entre los espacios y que coincide con las políticas y estrategias que a partir de esta tesis considero convenientes, se debe alcanzar mayor firmeza por parte tanto de autoridades, como de la sociedad organizada, para evitar las consecuencias que el descuido de las zonas de infiltración puede ocasionar.

(1) Urban and Periurban issues: <http://www.unesco.org/mab/mabicc/2000/eng/urban.htm>

(2) <http://www.unesco.org/smitsonian/mab/methodology>

(3) Application of the Biosphere Concept to Urban Areas and Their Hinterlands, Item 8 on provisional agenda sc-97/conf, 502/ 4 July 1998. MAB, UNESCO.

(4) Convention on Wetlands, Ramsar Iran 1971, MAB, UNESCO.

EL CRECIMIENTO URBANO, CAMBIOS EN LOS USOS DEL SUELO Y EFECTOS EN LA  
HIDROLOGÍA, XOCHIMILCO, D.F., DE 1930 A 2000.

(A.a) La Zona Central de infiltración, resulta después de evaluar el plano anexo referente a curvas de Isoinfiltración donde aparecen las de mayor cuantía, en las partes altas de la topoforma generada por el estratovolcán Chichinautzín. En estas superficies se requiere evitar la construcción con objeto de permitir la infiltración.

La estrategia consiste en mantener la mayor extensión de terreno libre de cualquier posibilidad de disminuir la permeación y evitar el contacto con la contaminación del suelo, favorecer la mayor densidad de cobertura vegetal que pudiese filtrar algunas partículas suspendidas en el aire, que son depositadas al suelo por la precipitación, pues recordemos que la dirección de los vientos dominantes obligan a los volúmenes condensados a atravesar la ciudad absorbiendo gran cantidad de la contaminación atmosférica.

Son zonas que en la actualidad permanecen sin usos de suelo agrícolas o en muy incipiente desarrollo, debido a sus pendientes, con densidades de población e infraestructura vial muy bajas, ubicadas en las isolinneas de infiltración de entre 300 a 600 mm. anuales.

Esta zona en la actualidad ya esta reconocida por el Programa Delegacional de Desarrollo Urbano en la mayor parte de su extensión como Suelo de Conservación para preservación Ecológica, sin embargo existen espacios de rescate ecológico en los que las acciones se ven pospuestas, así como núcleos en crecimiento de asentamientos rurales, y zonas prácticas a las que debe vigilarse mas estrictamente, y con compromisos más serios como el que se ha propuesto a través de los programas de protección con el MAB.

A.b) La zona de amortiguamiento, esta ubicada en la parte media de la topoforma del estratovolcán Chichinautzín, y parte de la meseta volcánica de malpaís, consiste en proteger que la densidad de construcción sea mínima para no sobrepasar el coeficiente de 0.10 a 0.30 en superficies de tipo arcilloso con isolinneas de infiltración menores a 300 mm. anuales.

La estrategia consiste en aportar la mayor cuantía del recurso al subsuelo, es indispensable relacionar esta función con la recomendación relativa a evitar la contaminación del suelo por residuos sólidos y productos fecales. No es ocioso señalar la inconveniencia de permitir usos de suelo contaminantes en la zona.

En la actualidad algunas de estas zonas están ya sujetas en el Programa Delegacional de Desarrollo Urbano, a políticas de regeneración, sin embargo, empíricamente se aprecia necesario recapitular sobre las acciones de rescate ecológico, y destinar los recursos suficientes para revertir la paulatina tendencia de crecimiento inadecuado de usos de suelo.

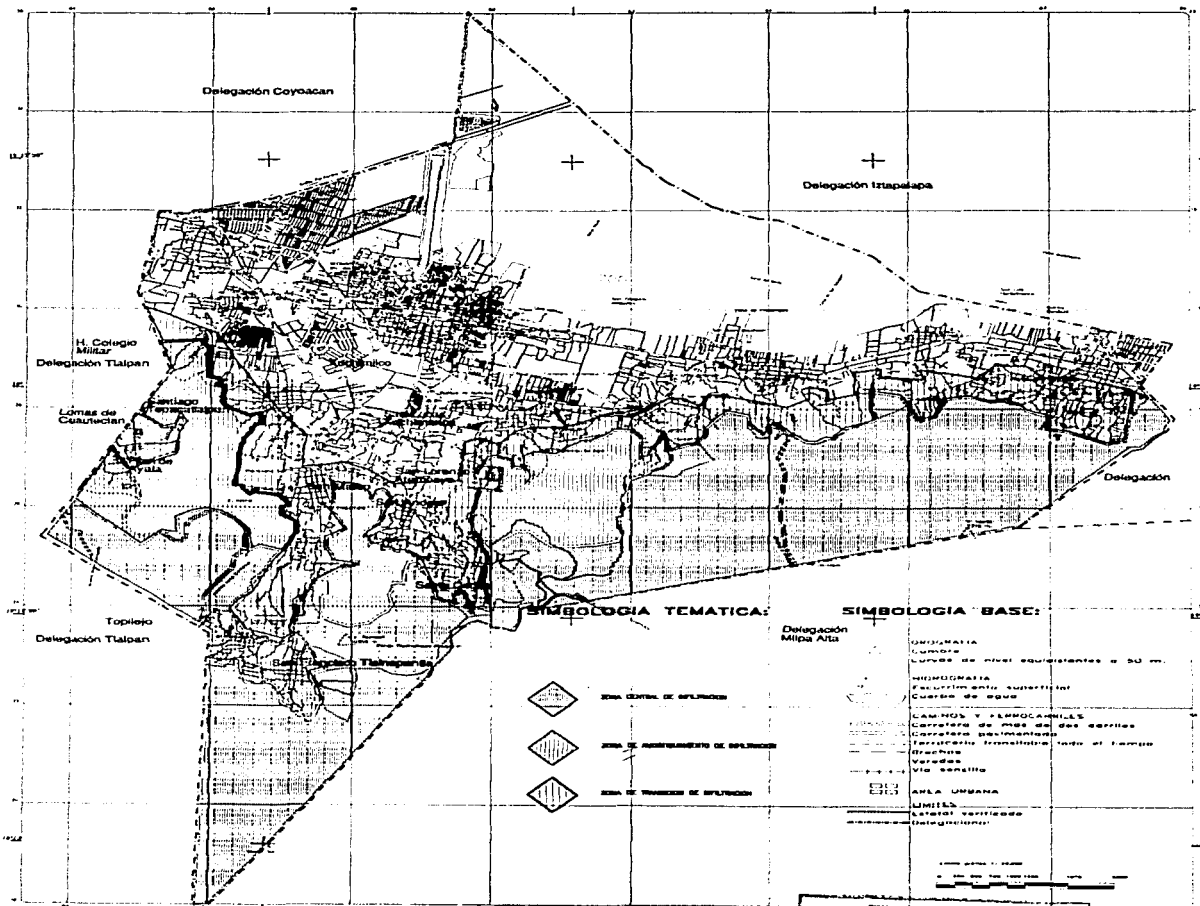
Algunas de estas zonas conservan precariamente usos de temporal y prácticas, por ello es necesario mantener una estricta vigilancia para evitar el uso de pesticidas o fertilizantes que eventualmente pueden percolar hacia los flujos de infiltración del recurso.

A.c) Zona de transición, son áreas intermedias entre las áreas urbanizadas y las de amortiguamiento, están ubicadas en las zonas de la planicie volcánica de malpaís, actualmente están sujetas a la normatividad del Programa Delegacional de Desarrollo Urbano incluidas en las de habitación rural y las de uso práctica.

Aun cuando en su mayoría reciben aportaciones menores a 300 mm. anuales por metro cuadrado, significan un aporte al caudal infiltrado, por lo que es conveniente considerar todas las oportunidades para favorecer la infiltración en los espacios construidos, evitando en lo posible escurrimientos superficiales canalizados hacia atarjeas que derivan hacia ramales donde se mezclan con aguas servidas.

EL CRECIMIENTO URBANO, CAMBIOS EN LOS USOS DEL SUELO Y EFECTOS EN LA  
HIDROLOGÍA, XOCHIMILCO, D.F., DE 1930 A 2000.

Mapa 13, Programa para proteger las áreas de infiltración



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

EL CRECIMIENTO URBANO, CAMBIOS EN LOS USOS DEL SUELO Y EFECTOS EN LA  
HIDROLOGÍA, XOCHIMILCO, D.F., DE 1930 A 2000.

B) PROGRAMA PARA ESTABLECER UN POLÍGONO DE INUNDACIONES; a fin de aprovechar más intensamente los espacios que ahora permanecen sin uso adecuado, debido a su indefinición normativa, y al escaso control de la extensión de las áreas inundables, es necesario definir conjuntamente con los propietarios, las zonas que se deben prever para varios niveles de eventual inundación, según el cálculo de avenidas máximas horarias de precipitación, construyendo los embalses de control y protección necesarios, del área de chinampas al interior del uso de suelo de conservación ecológica.

Esta acción debe estar en concordancia con el control del hundimiento del terreno y la reinyección de agua de tratamiento al subsuelo, ya que cualquier previsión, requiere mantener la estabilidad topográfica de los niveles del embalse.

La definición específica de los cauces, sus niveles y volúmenes no debe efectuarse únicamente con objeto de evitar los posibles daños a propiedades o personas desde la óptica de protección civil y prevención de emergencias urbanas, sino desde la concepción de la zona de chinampas como un espacio de cualidades de gran complejidad y singular valor, con potencial de recuperación de inversiones económicas al ser aprovechado de acuerdo con las políticas de ordenamiento físico espacial.

La propuesta sugiere la planeación de tres tipos de cualidades en los espacios sujetos a inundación, utilizando la misma metodología empleada en el inciso anterior proporcionada por el MAB se considera:

B.a) Zona Central de Inundación, está determinada por los espacios que se inundan cada año y cuya extensión varía dependiendo de las condiciones meteorológicas, se encuentran clasificados normativamente, en el Programa de Desarrollo Urbano delegacional, como uso de suelo para Conservación, subtipo Producción Rural Industrial (PRA), sin embargo debido a su dificultad para cultivo, deben cambiar a Uso Urbano, como Áreas de Valor Ambiental aún cuando no formen parte de los predios propiedad del Gobierno del D.F., esta acción es necesaria, no obstante ser costosa y tomar mucho tiempo llevarla a cabo.

Estas áreas deben ayudar a la regulación de los niveles para evitar eventuales inundaciones en áreas donde se puede amortiguar el excesivo escurrimiento superficial, así como el producto de las avenidas máximas imprevistas. Así mismo, con los trabajos necesarios para aumentar la profundidad, a fin de disminuir la evapotranspiración, pueden funcionar para almacenar agua tratada, que con los cuidados suficientes puede ser reutilizada en floricultura o reinyección.

B.b) Zonas de Amortiguamiento de Inundación, son áreas que debido a la escasez de medios de control y amortiguamiento de avenidas máximas de agua precipitada, pueden sufrir eventualmente inundaciones por lo que deberán considerarse las precauciones para que las actividades así como los espacios construidos en ellas, no sufran daños.

Estas zonas deben circundar a los espacios anegadizos anualmente, con objeto de proteger los espacios de mayor inversión, actualmente son zonas de cultivo y floricultura, se debe delimitar considerando el mayor nivel de inundación potencial según el máximo histórico en 20 años (5).

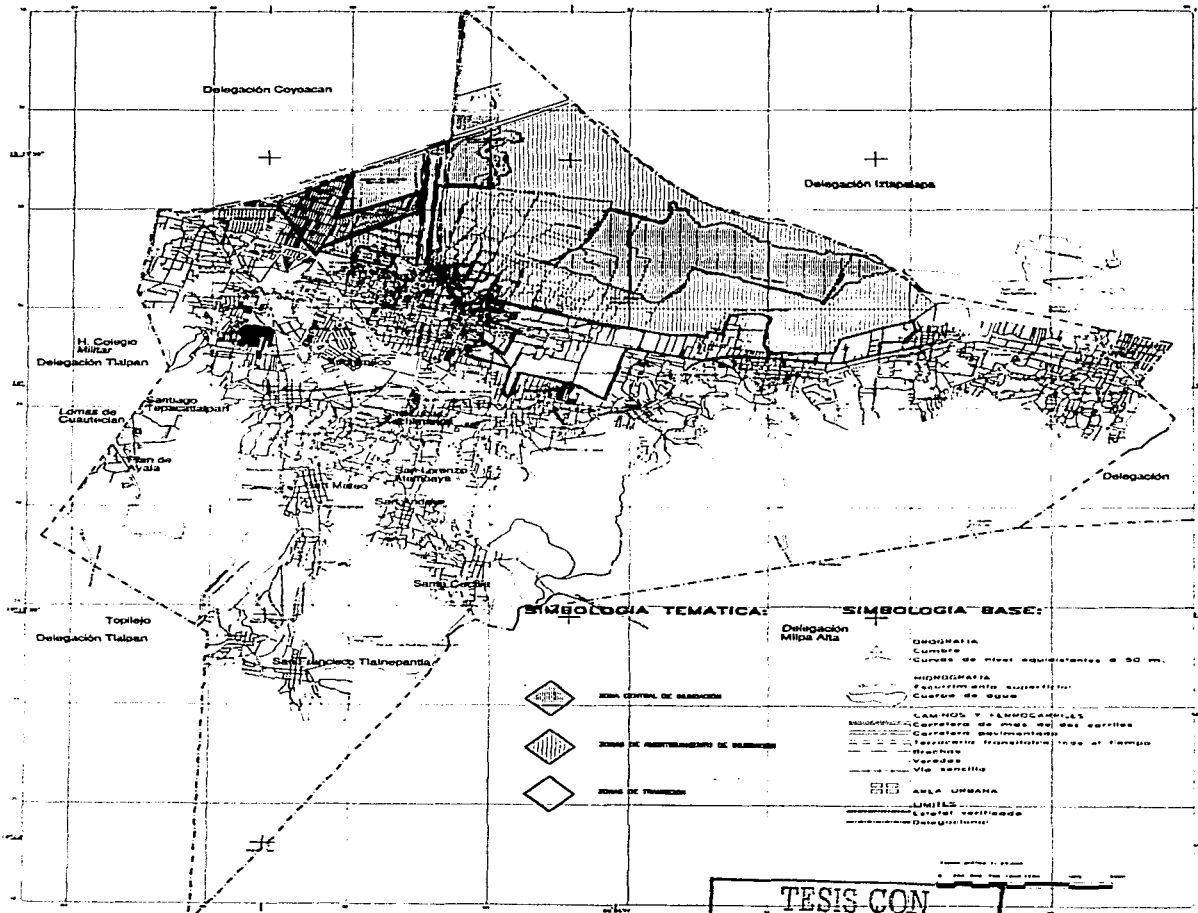
Actualmente son zonas incluidas en el rubro de Conservación para Producción Rural Agroindustrial, y conviene que permanezcan como tal, sin embargo, será necesario considerar que estas zonas siguen un paso paulatino hacia la urbanización, por lo que se deberá tener especial cuidado en evitar asentamientos que incumplan con la normatividad.

Es conveniente considerar que actualmente las inundaciones inhiben la especulación inmobiliaria del suelo en estas zonas y que en caso de lograrse controlar las inundaciones, podría ocasionarse un desordenado impulso, tendiente a aprovechar el suelo de manera en que los usos irregulares se estimulen.

B.c) Zonas de Transición, consisten en zonas de inundación esporádica o encharcamiento, son zonas urbanizadas en las que es necesario coordinar con las organizaciones de vecinos, así

EL CRECIMIENTO URBANO, CAMBIOS EN LOS USOS DEL SUELO Y EFECTOS EN LA  
HIDROLOGÍA, XOCHIMILCO, D.F., DE 1930 A 2000.

Mapa 14, Programa para establecer un polígono de inundaciones.



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



EL CRECIMIENTO URBANO, CAMBIOS EN LOS USOS DEL SUELO Y EFECTOS EN LA  
HIDROLOGÍA, XOCHIMILCO. D.F.. DE 1930 A 2000.

como con los responsables locales de Protección Civil, los encargados de las redes de drenaje de tormentas, y los responsables de DGCOH del control de agua en los canales, para determinar las precauciones que se deben tomar, a fin de evitar los problemas que en la actualidad se presentan y considerar los que en el futuro podrían presentarse. La normatividad censuaria de planeación establece este tipo de protección para extensiones cuya probabilidad de inundación potencial es según registro histórico cada 30 años (6)(7).

C) PROGRAMA DE DISMINUCIÓN DE EXTRACCIÓN DE AGUA SUBTERRANEA; Debido al abatimiento de los niveles piezométricos en la zona de explotación es necesario por principio, disminuir el caudal de las baterías de pozos señalados en el esquema anexo, estos fueron determinados en base a los registros existentes de dinámica del nivel estático, de entre 27 pozos (*ver esquema Dinámica de niveles estáticos de pozos piloto en la pág. 88*) los cuales tienen un registro desde Julio de 93 a Agosto del 2000, sin embargo se requiere evaluar la totalidad de los pozos (78) , para señalar mas detalladamente la cuantía de la posible disminución, estas acciones deber ir acompañadas por otras para eficientizar la oferta, manteniendo los volúmenes de abasto necesarios.

Será conveniente estimar, dependiendo de la profundidad y de la unidad geohidrológica, cuales son los pozos que se deben racionar, en áreas donde la dinámica de abatimiento del manto se acentúa, para ello conviene llevar a cabo un programa de evaluación de eficiencia del equipo instalado con objeto de evitar despido de recursos al detener pozos recientes que funcionan eficientemente, probablemente sea necesario efectuar un programa de desinstalación de equipo antiguo o de alto gasto en su mantenimiento.

#### Administrativa.

D) PROGRAMA PARA INCREMENTAR EL VOLUMEN DE INFILTRACIÓN, cabe señalar que de las áreas más favorables en cuanto a infiltración 2,761 has. vierten su precipitación hacia la Cuenca de Morelos, debido a la posición del parteaguas hidrológico, por lo que al interior de esta zona será necesario ejecutar obras de canalización superficial hacia el norte, así como construir una red de galerías filtrantes para recuperar hacia la metrópoli el recurso que actualmente se escapa hacia el sur.

Los aportes de las galerías filtrantes en la zona alta del Chichinautzin pueden ser singularmente benéficas, dado su nivel piezométrico con gran presión debida a su energía potencial y su posibilidad de aprovisionamiento a las poblaciones ubicadas mas arriba de la cota 2550 m.s.n.m., donde el aprovisionamiento se efectúa actualmente por medio de pozos con tendencia de abatimiento.

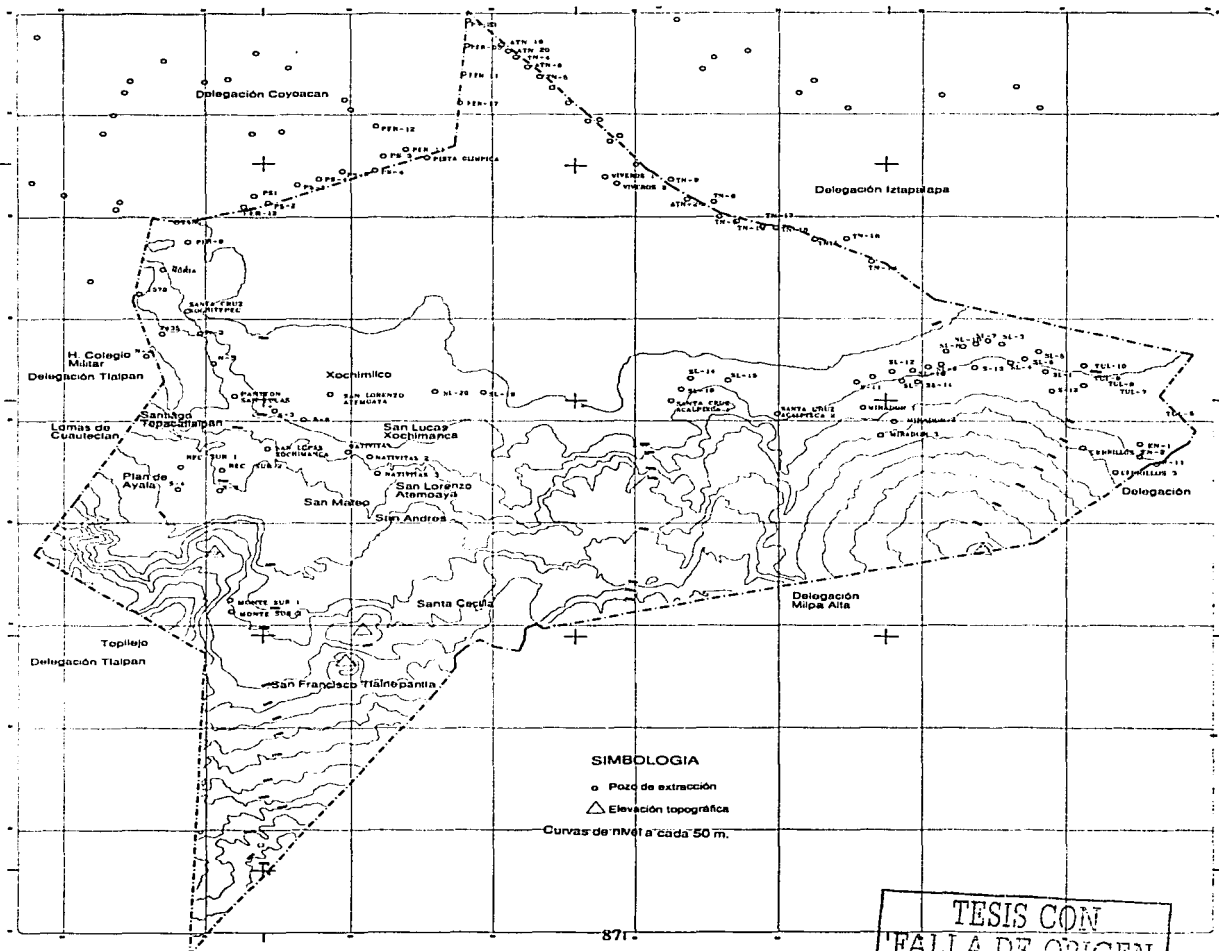
Es igualmente importante disminuir el escurrimiento superficial, este se acentúa debido a las pendientes altas, y se favorece por la exposición de roca basáltica de alta permeabilidad, sin embargo es posible mejorar la infiltración y permanencia del recurso, mediante mayor densidad de cobertura vegetal de la superficie.

Cabe insistir en la conveniencia de aprovechar los recursos en la zona de mayor precipitación de la delegación que sigue subterráneamente su flujo hacia la Cuenca de Morelos, mediante la construcción de galerías filtrantes en la zona comprendida entre el parteaguas topográfico y el hidrológico que pudiesen aprovechar hasta 3.4 m<sup>3</sup>/seg. más para la Ciudad de México, por supuesto en detrimento de los volúmenes captados en la cuenca del Valle de Morelos.

(6) Regulations for Flood Plains, American Society of Officials, Chicago, 1972.  
(7)<http://ftp.unesco.org/pub/mab/str-en.doc>

EL CRECIMIENTO URBANO, CAMBIOS EN LOS USOS DEL SUELO Y EFECTOS EN LA  
HIDROLOGÍA, XOCHIMILCO, D.F., DE 1930 A 2000

Mapa 15, programa de disminución de extracción de agua subterránea.



EL CRECIMIENTO URBANO, CAMBIOS EN LOS USOS DEL SUELO Y EFECTOS EN LA  
HIDROLOGÍA. XOCHIMILCO, D.F., DE 1930 A 2000.

**Dinámica de niveles estáticos de pozos piloto.**

DINAMICA DEL NIVEL ESTATICO POR POZO				
		JUL.93	AGO.00	DIFERENCIA
1.-	ATN-4	53.28	57.93	-4.6500
2.-	ATN-6	52.73	59.49	-6.7600
3.-	ATN-16	44.98	50.56	-5.5800
4.-	PER-2	56.32	58.93	-2.6100
5.-	PER-4	63.45	63.14	0.3100
6.-	PER-6	64.95	62.04	2.9100
7.-	PER-7	61.86	63.89	-2.0300
8.-	PER-8	61.24	63.98	-2.7400
9.-	PER-11	51.18	53.98	-2.8000
10.-	PER-14	51.37	56.67	-5.3000
11.-	PER-16	51.23	53.95	-2.7200
12.-	PER-18	51.02	52.14	-1.1200
13.-	PER-19	55.89	60.86	-4.9700
14.-	TLC-4	31.32	35.93	-4.6100
15.-	TUL-4	40.12	42.51	-2.3900
16.-	SL-6	27.02	32.63	-5.6100
17.-	SL-7	38.69	41.38	-2.6900
18.-	SL-9	41.16	44.62	-3.4600
19.-	SL-10	39.17	42.76	-3.5900
20.-	SL-11	48.09	57.42	-9.3300
21.-	SL-12	39.17	42.89	-3.7200
22.-	SL-13	38.24	47.92	-9.6800
23.-	SL-14	32.72	35.75	-3.0300
24.-	PS-5	48.91	53.92	-5.0100
25.-	PS-13	66.11	61.01	5.1000
26.-	PS-15	66.83	63.24	3.5900
27.-	PS-31	61.71	60.86	0.8500
			promedio	-3.1400
Fuente: Estudio de Mediciones en la Red de Pozos Piloto, Lesser y Asociados, 2000, Dirección de Operación, contrato DGCOH. 0-07-CO-04-02-0328, G.D.F.				

EL CRECIMIENTO URBANO, CAMBIOS EN LOS USOS DEL SUELO Y EFECTOS EN LA  
HIDROLOGÍA, XOCHIMILCO. D.F., DE 1930 A 2000.

**Técnicos.**

E) PROGRAMA DE MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD E INCREMENTO DE VOLUMEN DE AGUA TRATADA; una preocupación es la recarga mediante agua residual para disminuir la tendencia de hundimiento del suelo, se aprecia que a logrado resultados en la zona de acuífero libre de Tlalpan – Contreras, sin embargo es necesario establecer más estrictas medidas de control de la calidad del agua inyectada, pues es evidente que los análisis referentes a la calidad del agua de los canales, no cumplen los parámetros de normatividad físico química, ni siquiera con las necesidades mínimas reales como son olor y turbiedad.

Es importante canalizar los volúmenes de agua residual, de la población que carece de drenaje en las zonas irregulares de la periferia de la zona de chinampas, que significan el 3.4% del total de agua vertida a los canales sin ningún tren de tratamiento.

Evidenciando el retraso, no existe un proyecto específico para definir el futuro de los canales, sin embargo, si es que el interés general se dirige a su conservación, es necesario efectuar tareas de remediación en los mismos y una tarea de prevención importante debe ser evitar su eutoficación, Es decir la evolución del cuerpo hacia el estado de ciénaga o pantano, hasta alcanzar las características terrestres y desaparecer como tal, procurando eliminar fundamentalmente los nitratos y fosfatos desde las plantas de tratamiento, ya que tales substancias provenientes en más de un 50% de detergentes de aguas de uso doméstico, provocan el desarrollo excesivo de algas lesivas y otros vegetales en la superficie y el limo.

Si la calidad de agua tratada en los canales no alcanza tales niveles, es necesario que se opere con normatividad más precisa sobre la calidad del agua de reinyección al subsuelo, de no hacerse así, será más costoso a futuro efectuar las remediaciones de cuerpos de agua subterráneos.

Las canalizaciones pueden efectuarse hacia plantas de tratamiento de efluentes de agua residual habitacional, siguiendo el procedimiento de trenes de tratamiento primario y por medio de discos biológicos ya que comparativamente resultan estos, ser los de costos energéticos y económicos menores a los de los tratamientos secundarios convencionales.

En el ámbito de lo jurídico – administrativo, es evidente como los organismos federales y locales encargados de vigilar la observancia de las normas ambientales, no logran hacer que las entidades gubernamentales de menor nivel, puedan evitar totalmente el depósito de la carga orgánica sobre los canales, al subsuelo, y al suelo.

Ya que los sistemas de tratamiento de San Luis y de Cerro de la Estrella, son incapaces de ofrecer adecuada calidad de tratamiento es conveniente evitar la instalación de industria en puntos donde sea difícil el control de tratamiento de sus vertidos, si bien por un lado es necesario y positivo el hecho que la economía regional atraiga el interés de la industria por ubicarse en la zona, se debe concentrar tal uso de suelo con objeto de reagruparlos desde su origen para facilitar entre otras ventajas, el mejor tratamiento de sus desechos.

LOS TRATAMIENTOS BIOLÓGICOS; Los residuos líquidos en Xochimilco, provienen esencialmente de las descargas domésticas (orina) a razón promedio de 48 lts/hab/día, los tratamientos biológicos desarrollados después de una treintena de años, inicialmente utilizados para degradar únicamente la producción carbonatada (DCO, DBO5) y para decantar las materias en descomposición, las tinas biológicas, los lodos activados tratan eficazmente los residuos (rendimiento superior a 80%), con el único inconveniente que deben funcionar bajo gran carga, en lagunas suficientemente grandes para dejar los lodos el tiempo suficiente como para evolucionar.

EL CRECIMIENTO URBANO, CAMBIOS EN LOS USOS DEL SUELO Y EFECTOS EN LA  
HIDROLOGÍA, XOCHIMILCO, D.F., DE 1930 A 2000.

En una primer etapa el desecho amoniacal ( $\text{NH}_4^+$ ) es oxidado en los nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ), a las bacterias nitrificantes, tendientes a multiplicarse, les hace falta cerca de diez días para desarrollarse.

Las bacterias desnitrificantes consumen en seguida el oxígeno de los nitratos y forman el nitrato gaseoso ( $\text{N}_2$ ). Estas dos operaciones necesitan de un espacio de tipo aeróbico, donde las bacterias disminuyen la producción de carbono y la transforman en nitratos.

Enseguida una zona anexa donde el oxígeno presente es ligado a la desnitrificación de nitratos, gracias al mejoramiento de las técnicas no es necesario separar las etapas, si se utilizan cultivos mezclados de bacterias dentro de las lagunas de aireación para la nitrificación y desnitrificación, permitiendo reducir la escala de las obras, las técnicas están todavía en proceso de mejorarse y su utilización es controversial.

Desarrollada después de una decena de años la defosforización biológica requiere por lo contrario, de una tina anaeróbica, en una zona privada de oxígeno, las bacterias en estado de estrés liberan su fósforo. Posteriormente se ubican en una zona aeróbica, allí ellas reconstituyen sus reservas y consumen más fósforo que el que ellas había con anterioridad formado. Siempre ligada a la nitrificación desnitrificación, pues la defosforización no se puede efectuar mas que después de la eliminación del nitrógeno.

El rendimiento del tratamiento biológico del fósforo no sobrepasa el 70%, para respetar las normas de desechos exigidas para las zonas sensibles, hace falta además mezclar sales de hierro o de aluminio que precipitan el fósforo residual, alcanzando mayor rendimiento.

Si las aguas servidas están particularmente cargadas, será necesario prever un tratamiento terciario a la salida del clarificador, un decantador laminar, o un filtro de arena con sus reactivos para eliminar fósforo así como materia en suspensión.

LOS PROCEDIMIENTOS COMPACTOS; Sobre los modelos de lodos activados, existen algunas variantes que aparecen hoy en día, el SBR (Sequencing Batch Reactor) es un procedimiento cíclico desarrollado en Europa después de cinco años, bien adaptado a las pequeñas instalaciones, requiere alternar las fases de nitrificación, de desnitrificación y de defosforización, en juego con la aeración.

Lo anterior permite ganancia, en términos de compactación de instalaciones así como de costo: menor necesidad de uso del clarificador en la salida, así como del lodo decantador.

La mejor solución consiste en instalar dos tinas en forma paralela: una es alimentada mientras que la otra decanta, con un complemento físico - químico, reduce mas del 80% de nitratos y 90% de fosfatos.

Un procedimiento novedoso para la nitrificación - desnitrificación, son las membranas de bioreactores, esta técnica une lodos activados y membranas inmersas de ultra filtración, el poder rompiente de las membranas hace que se separen el agua de los lodos, remplazando el clarificador en la salida, junto con las acciones de desinfección así como de mejoramiento de turbiedad.

Su gran éxito, trabajar con bacterias mucho más concentradas, lo que permite un factor de disminución de 5 a 10 % de la superficie compensando con mayor volumen de tratamiento biológico.

Bien adaptados a los pequeños detritos, los bioreactores de membranas hacen su entrada en las estaciones de mediana y pequeña capacidad, la acumulación de lodos es una revancha poco propicia para la defosforización biológica, y la construcción de tinas anaeróbicas adecuadas jugará un papel importante contra la posibilidad de compactar el procedimiento.

EL CRECIMIENTO URBANO, CAMBIOS EN LOS USOS DEL SUELO Y EFECTOS EN LA  
HIDROLOGÍA, XOCHIMILCO, D.F., DE 1930 A 2000.

**LA REVOLUCION DE LOS BIOFILTROS;**

Es un tratamiento biológico de todas formas, pero mediante cultivos fijos, los biofiltros están basados en la filtración ascendente o descendente de agua a través de un material de granulometría fina, sobre la que son fijadas las bacterias. Esta solución compacta pero más onerosa responde a la puesta en servicio en lugares urbanos o en litoral.

Desde mediados de los años 80 los biofiltros, como procedimientos intensivos, pueden ser utilizados simultáneamente o separadamente para nitrificar - desnitrificar ya que las dos etapas siguen a la inserción de metanol, fuente asimilable por las bacterias, es necesaria una desnitrificación eficaz.

Los biofiltros son siempre precedidos por un decantador primario con la agregación de un reactivo para precipitar fosfatos, para modernizar las plantas de lodos activados del (Cerro de la Estrella y de San Luis ), que no cumplen las normas de calidad, los biofiltros pueden servir como suplemento a cualquier otro tratamiento terciario.

Hoy en día, las técnicas de eliminación de fósforo de aguas residuales ofrecen una variada gama de soluciones, ponen en claro que los equipamientos obsoletos no siguen siendo una limitante de acceso al tratamiento de efluentes, a cada caso se adapta una derivación en función de los diferentes criterios técnico - económicos, las nuevas plantas de tratamiento construidas funcionan mediante lodos activados (Chalco), se puede anexar una zona anaerobia para tratar el fósforo, no necesita más que el aumento de superficie de 10% y un sobrecosto de 5% (8).

**ESTIMACIÓN DE LOS COSTOS;**

Aun cuando existen grandes diferencias en la concepción, las variaciones de contexto económico, y de tecnología, y debido a que no existen resultados en México, metodologías de evaluación de costos de inversión y de explotación de pequeñas plantas de tratamiento de efluentes urbanos, se ha procedido a utilizar los frutos de las investigaciones realizados en Francia para una variedad de derivaciones de sistemas de tratamiento de tipo biológico con objeto de comparación entre ellos, ya que han demostrado en la práctica su mayor eficiencia, dejando a un lado los de otros procedimientos tradicionales.

**COSTOS GLOBALES DE INVERSIÓN INICIAL**

Para una estación de tratamiento biológico membranas.

	RANGO DE 4,000 L.H.	RANGO DE 10,000 L.H.
Puesto de control	300,000	375,000
Desengrasado, desarenador	600,000	900,000
Tina de aeración	1,987,500	2,420,000
Desentramado	225,000	225,000
Recirculación	300,000	375,000
Clarificador	862,500	1,500,000
Medición de gasto	75,000	75,000
Espaciador (20m3)	450,000	450,000
Silo de lodos bacteriales	1,500,000	1,837,000
Estudios preliminares	75,000	370,000
Vialización del sitio	600,000	1,050,000
Canalizaciones	375,000	350,000
Equipo eléctrico	562,000	750,000
Local de explotación	487,000	487,000
<b>TOTAL</b>	<b>8,399,000</b>	<b>11,164,000</b>

Costos en Pesos Mexicanos a cambio de Franco Francés valor (7. 76 PxF) Dic. 2001.

Fuente: Ingenieros, Methodologie d'évaluation des couts d'investissement et d'exploitation des petites stations deépuration urbaines, Olivier Alexandre, pág. 5 a 12 édition especial.

(8) Environment Magazine – Isabelle Nadeau, Dossier No. 1601, Oct. 2001 pág. 8.

EL CRECIMIENTO URBANO, CAMBIOS EN LOS USOS DEL SUELO Y EFECTOS EN LA  
HIDROLOGÍA. XOCHIMILCO D.F. DE 1930 A 2000

COSTOS GLOBALES DE EXPLOTACIÓN

RANGO DE a 10,000 L.H.	Lodos	Discos	Cama	Laguna	Cama	Filtros
	Activados	biológicos	bacterial	oxidación	infiltración	biológicos
MANO DE OBRA	427	285	315	225	300	
ENERGÍA	135	23	23	-	-	
COSTO OPERACIÓN	562	515	338	225	300	-

RANGO DE a 4,000 L.H.	Lodos	Discos	Cama	Laguna	Cama	Filtros
	Activados	biológicos	bacterial	oxidación	infiltración	biológicos
MANO DE OBRA 772	480	480	375	375		
ENERGÍA	119	42	22	-	-	
COSTO OPERACIÓN	599	522	397	375	375	-

Costos horarios en Pesos Mexicanos a valor de cambio de Franco Francés (7.76 PxF) valor Dic. 2001  
(na) no se adaptan a la capacidad

Fuente: Ingenieries, Methodologie d'évaluation des couts d'investment et déxplotation des petites stations  
dépuración urbaines, Olivier Alexandre, p. 5 a 12 edition especial.

Si se consideran las cifras del volumen de habitantes que en la actualidad carecen de servicio de drenaje en la delegación según el Plan Hidráulico Delegacional vigente, alcanzan la cifra 14, 500 ubicados en 22 colonias(8), si se consideran efluentes de 160 lts. por personal día se necesitaría tratar en total 96,666 L./h.

A reserva de evaluar para cada grupo de colonias la capacidad adecuada, se puede de manera general decir que se requerirían 10 plantas de discos biológicos de 10,000 lt., de capacidad máxima horaria.

Costo de inversión inicial 111, 640,000 pesos  
Costo operacional anual 4, 572,000 pesos

Costo en Pesos Mexicanos a valor de cambio de Franco Francés (7.76 PxF) valor Dic. 2001

Al aplicar un factor de amortización de la inversión inicial a treinta años el costo anual resulta de 3,880 mil pesos anuales, mismos que sumados al costo anual de operación, suman 8'452 mil pesos anuales.

Si se considera que la percolación de lixiviados afecta a toda la zona metropolitana de la Ciudad de México y se prorratea el costo - beneficio de las obras para la protección del acuífero, entre los 23' 400 habitantes a los que beneficia el aprovisionamiento, se estima que el costo por persona significaría 37 centavos anuales.

F) PROGRAMA PARA EL CONTROL DE LIXIVIADOS,

Al pretender encontrar un modo de evaluar el costo de prevención contra el costo de remediación, existe la dificultad de conocer las características físico- químicas del agua que se ha contaminado por lixiviados (fundamentalmente NH4+, amoniaco), y su densidad en los acuíferos subterráneos, así como la extensión de los cuerpos contaminados, sin embargo con objeto de tener una idea comparativa de lo que costaría la remediación del acuífero, basta suponer únicamente los altos costos de potabilización que tuviesen que efectuarse por procedimientos químicos y fotovoltaicos después de la extracción.

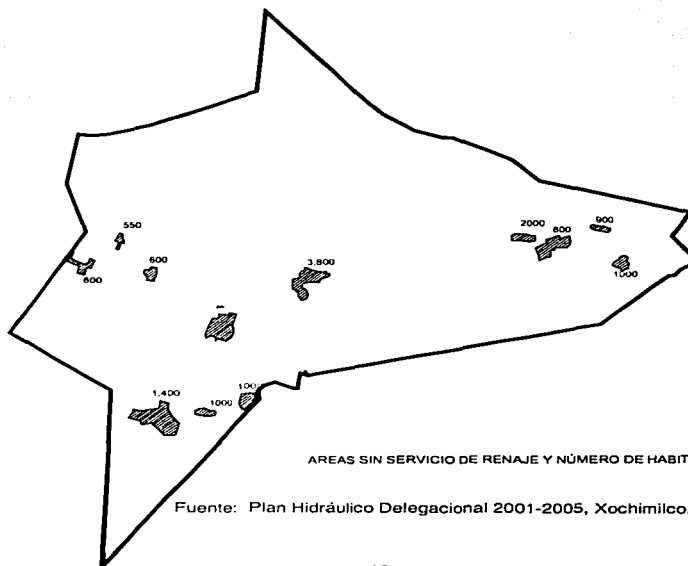
EL CRECIMIENTO URBANO. CAMBIOS EN LOS USOS DEL SUELO Y EFECTOS EN LA  
HIDROLOGIA XOCHIMILCO, D.F. DE 1930 A 2000

Con el mismo objeto de evitar la percolación por desechos y aguas residuales en las áreas carentes de servicio de drenaje, (14,550 Hab.) (9), antes referidas y señaladas en el esquema anexo, donde predomina la composición social de escasos recursos, pero con densidades de construcción y población bajas, donde no sea costeaible la canalización hasta la unidad de potabilización, se hace necesario la eliminación sanitaria de excretas, ya sea por letrina seca o por fosa séptica.

Tal percolación es de singular importancia debido a que por las características particulares de permeabilidad y transmisividad de la unidad geohidrológica donde se asientan, influyen directamente en la contaminación del flujo laminar más significativo de la recarga del acuífero granular del subsistema Ciudad de México.

(9) Plan Hidráulico Delegacional 2001-2005. Xochimilco, DGOCH, 2001.

**Mapa 15, Ubicación de Colonias sin servicio de drenaje.**





EL CRECIMIENTO URBANO, CAMBIOS EN LOS USOS DEL SUELO Y EL IMPACTO EN LA  
 HIDROLOGÍA Y CLIMATOLOGÍA DE LOS RÍOS DE LOS MUNICIPIOS

**Colonias sin servicio de drenaje.**

NUM.	COLONIA	NUM. HAB.
<b>ZONA SAN ANDRES AHUAYUCAN</b>		
1.- D10	Rosario Tlali	200
2.- D11	Tlachiultepec	1,000
3.- D12	San Isidro	1,000
<b>SAN FRANCISCO TLANEPANTLA</b>		
4.- D13	Centro	1,400
<b>SAN GREGORIO ATLAPULCO</b>		
5.- D14	Tepeyac	800
6.- D15	Chalma	800
7.- D16	San Andrés	400
8.- D17	Duraznotitla	600
9.- D18	Zacatepec	400
<b>SAN LUIS TLAXIALTEMALCO</b>		
10.- D19	Niños héroes	700
11.- D20	San Antonio	700
12.- D21	Guadalupana	600
<b>SANTA CECILIA TEPETLAPA</b>		
13.- D22	Santa María	800
14.- D23	El Capulín	700
<b>SANTA MARÍA NATIVITAS</b>		
15.- D24	Ampliación Nativ.	1,000
16.- D25	El mirador	900
17.- D26	El Olivo	800
18.- D27	Manz.10	200
19.- D28	Joya de Vargas	900
20.- D29	Acoca	550
21.- D30	Tepetitla	-
22.- D31	Tlaxcopa 1a.secc.	-
23.- D32	Tlaxcopa 2a.secc.	-

Fuente: Plan Hidráulico Delegacional 2001-2005, Xochimilco, DGOCH, 2001.

#### **XIV. REFERENCIAS**

##### **Bibliografía y sitios de red referidos a pie de pagina.**

- Agricultura y Empleo en el D.F. Canabal Calstiani Beatriz, UAM, México, 1992, Pág. 9.
- Agua e Hidrología de la Cuenca del Valle de México, Guerra Luis Manuel, México 1988. Págs. 3, 9 y 63.
- Análisis Morfoclimático de la Cuenca del Río Tlalnebantla, UNAM, 1978, Pág. 38.
- Application of Biosphere Concept to Urban Areas and their Hinterlands, MAB UNESCO, Item. 8 on provisional agenda cs-97/conf,502/4 July 1998, pág. 81.
- Apoyo de Emergencia a la Zona Lacustre Xochimilco-Tlahuac, Economía Agrícola, Arturo Puente González, ONU. FAO, UNESCO. Roma 1988. Pág. 3
- Apoyo de Emergencia a la Zona Lacustre Xochimilco-Tlahuac, Informe Técnico de la Recarga del Acuífero, ONU.FAO. UNESCO. Roma 1988. Centro de Estudios sobre Xochimilco, UAM Xochimilco, ubic. 30, págs. 52, 53, 58 y 64.
- Apuntes inéditos de cátedra, Greene C. Fernando, UNAM, 1998, pág. 19
- Balance geohidrológico en el D.F. y Modelación de la Explotación del Acuífero, Lesser y Asociados, DGCOH.1996- coloc. 6188-li73.b. pág. 49.
- Boletines Meteorológicos, SARH, 1909 a 1992, pág. 41.
- Comparisons of Threatned Environments, Kasperson Jeanne, Kasperson Roger, UNU Press, 1995, pág. 13.
- Convention on Wetlands, MAB UNESCO, Ramsar Iran, 1971, pág. 81.
- Cuaderno Estadístico Delegacional Xochimilco, INEGI, 1996, pág. 53.
- 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, pág. 5.
- De Las Chinampas a la Megalópolis, Ezequiel Ezcurra, IAEAM, México, 1984, pág. 5.
- El Desarrollo Urbano en México, Unikel Luis, Colegio de México, 1976. Pág. 7.
- El Método de La Economía Política en América Latina, Nogaro Bertrand, México 1943, pág. 11.
- En Muchos Lugares y Todos los Días, Salles Vania y Valenzuela José Manuel, El Colegio de México, México, 1997, pág. 9.

EL CRECIMIENTO URBANO, CAMBIOS EN LOS USOS DEL SUELO Y EFECTOS EN LA  
HIDROLOGÍA XOCHIMILCO, D.F., DE 1930 A 2000

- El Sistema Acuífero de la Cuenca del Valle de México, Herrera et. al. Revista Geofísica Internacional, Vol. 28 Núm. 2, 1989, pág. 47, 48 y 49.
- Environment Magazine, Nadeau Isabelle, Dossier No. 1601, Oct. 2001, pág. 91.
- Estadísticas de Medio Ambiente, SEMARNAP, México, 1997, Pág. 1.
- Estimations in natural groundwater, Simmers Ian, NATO, Bruselas, 1987, pág. 43.
- Estudio de la evolución del nivel de agua subterránea en la zona de explotación del D.F. mediciones y balance, DGCOH, 1999, Lesser, 7246-L173-e, pág. 55.
- 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, pág. 69.
- Estudio Geoelectrónico del Sistema Acuífero de la Cuenca del Valle de México. Rodríguez C. Y C. Ochoa A. Revista Geofísica Internacional, Vol. 28 Núm. 2, 1989, pág. 49.
- 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, pág. 75.
- 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, págs. 61 y 68.
- 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, pág. 58.
- Herramientas Para el Cambio, Modelos Matemáticos para Acuíferos del Valle de México, Comparación de Evoluciones Piezométricas Calculadas y Observadas, Carlos Cruickshank Villanueva, 1980, pág. 62.
- Ingenieries, Methodologie d'évaluation des couts d'investment et déxplotation des petites stations dépuraton urbaines, Olivier Alexandre, p. 5 a 12, edition especial.
- Importancia de los Recursos Acuíferos de Xochimilco, Cardona Zárate, UAM, 1987, pág. 62.
- Informe Técnico de Geohidrología, Anexo 4, Cruickshank Villanueva Carlos, SARH, México 1988, pág. 62.
- Informes Progresivos No. 1, 2 y 3 Estudio de Infiltración de la Cuenca del Río Milpa Alta, Subcuenca El Vendedor, SARH, CAVM, Junio de 1967, pág. 44.
- La Investigación Científica, Bunge Mario, Siglo XXI, 1975, págs. 6 y 18.
- La Situación Demográfica en México, 2000, CONAPO, 2000, pág. 31.

EL CRECIMIENTO URBANO CAMBIOS EN LOS USOS DEL SUELO Y EFECTOS EN LA  
HIDROLOGÍA. XOCHIMILCO. D.F. DE 1930 A 2000.

- La Universidad Interdisciplinaria, Borrero A., México 1982, pág. 11.
- Localización de Servicios en la Planeación Urbana y Regional. UAEM, 1984, pág. 16.
- Manual sobre la evaluación operativa de la evaporación real, Secretaría de la Organización Meteorológica Mundial, Ginebra, 1975, pág. 43.
- Memorias del Drenaje Profundo, D.G.C.O.H. 1975, pág. 38.
- 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 págs. 44 a 49.
- Plan de Acciones Hidráulicas, 2001-2005 Xochimilco, D.G.C.O.H. 2001, págs. 4, 38 y 92.
- Primer censo Ejidal, D.F. DAPP, Secretaría de Economía, Dirección General de Estadística, 1935, pág. 71.
- Regulations for Flood Plains, American Society of Officials, Chicago Ill, 1972, pág. 86.
- Retos y Oportunidades Demográficas Del Futuro de la Población, México 2030, José Gómez de León Cruces, FCE, México, 2000, pág. 31.
- The Urbanization of México, tesis doctoral inedita, Berkey, University of California, 1962, cita a L.B. Simpson en C. Sjoberg, "The Evolution of Cities" Scientific American, Septiembre 1965, pág. 8.
- Rescate de Xochimilco, Canabal Cristiani Beatriz, UAM Xochimilco, 1986, pág. 75.
- Sistema Hidraulico del D.D.F. (Cronología), D.D.F. 1994, Biblioteca D.G.C.O.H., pág. 62.
- Site Planning Standards, De Chiara Joseph, Mc Graw Hill, 1978, pág.84.
- Sobre el Origen el Uso y el Contenido del Término Sostenible, Naredo J.M. Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid, 1998, pág. 12.
- 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, pág. 59.
- Toward Global Equilibrium, Meadows Denis L. Meadows Donella H. Collected Papers, 1974, pág. 78.
- The Cost of Not Acting, Carter Brandon, Homman Kristeen, UNU/IAS working paper No. 9. 1996, pág. 13.
- The Mega Cities in Latin America, Gilbert Alan, UNU Press 1996, pág. 13.
- Towards some operational principles for sustainable development, Daly, H.E., 1990, Ecological Economics, Vol. 2 No. 1 pp. 1-6. Pág. 15.

EL CRECIMIENTO URBANO, CAMBIOS EN LOS USOS DEL SUELO Y EFECTOS EN LA  
HIDROLOGÍA, XOCHIMILCO, D.F. DE 1930 A 2000.

Una Evaluación de los Caudales Disponibles de Agua en la Cuenca del Valle de México,  
Lohenberg Alfred, 1973, pág. 44.

Urban Planning Participation: practice and theory, doctoral thesis Chalmers University of  
technology, 1998, pág. 15.

[www.unu.edu/hq/special-a/rio-plus5.html](http://www.unu.edu/hq/special-a/rio-plus5.html) . pág. 13

[www.unesco.org/smitsonian/mab/methodology](http://www.unesco.org/smitsonian/mab/methodology) \_pág. 81.

[www. Unesco.org/mab/mabicc/2000/eng/urban.htm](http://www.Unesco.org/mab/mabicc/2000/eng/urban.htm) \_pág. 81

### **Bibliografía de consulta.**

Aguas Importadas al valle de México, SARH, México, 1964.

Agua Subterránea en un curso Volcánico, Lohenberg A. ICA, 1987. Centro de Estudios  
sobre Xochimilco, UAM Xochimilco, ubic. 52.

Análisis de Factibilidad Técnica de la Recarga Artificial del Acuífero del Sur en La Noria,  
Xochimilco, D.G.C.O.H. ,1984.

Análisis del flujo de agua subterránea del Valle de México mediante trazadores isotópicos,  
SARH, UNAM, Cortes S. Alejandra 1987.

Bibliografía de la Ciudad de México, Manzanilla Linda, UNAM, 1987.

Correlación de Hundimiento del Subsuelo con la Red Primaria del Sistema de Drenaje.  
Constructores y Consultores Asociados, DGCOH, 1996 6243-6665-c.

Cuantificación y Balance de las Aguas Subterráneas de la Cuenca del Valle de México,  
Aprovechables para el D.F. Molina Berbeher, 1961-224-M442c.

Datos de Observación y análisis metereológicos e hidrológicos, DGCOH,1958, 2754-1654-  
d.

Diagnóstico del Estado Presente de las Aguas Subterráneas de la Ciudad de México.  
DGCOH, 1993, 2754-1654-4.

Des Progres contre Nature", CH. Gardnier, Le Nouvel Observateur, 18 de mayo de 1970.

Diagnóstico de los Recursos Naturales de La Cuenca del Valle de México, PEMEX, México  
1963. Centro de Estudios sobre Xochimilco, UAM Xochimilco, ubic. 679.

Diagnóstico del Sistema Hidráulico en la Delegación Xochimilco, Tecnología Aplicada S.A.  
de C.V., D.G.C.O.H., 1997.

Efectos Ambientales de la Expansión de México, Legorreta Jorge, Centro de Ecología,  
1988.

EL CRECIMIENTO URBANO, CAMBIOS EN LOS USOS DEL SUELO Y EFECTOS EN LA  
HIDROLOGÍA, XOCHIMILCO, D.F., DE 1930 A 2000

El Hundimiento de la Ciudad de México y El Proyecto Texcoco, SHCP, NAFINSA, México, 1969.

El Proceso de la Investigación Científica, LIMUSA, México, 1997.

Estudio Agrológico en la Zona de Xochimilco, García Castañeda Felipe, SRH, México, 1962.

Estudio Hidrológico de los Lagos de la Cuenca del Valle de México, México S.A.R.H. 1964.

Estudios Geofísicos del Valle de México, México, Comisión Federal de Electricidad, Departamento de Estudios Geofísicos, 1988.

Estudio Geohidrológico de la Sierra del Chichinautzin, D.D.F., Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica. México 1987.

Estudio Geohidrológico para Restablecer el Lago de Xochimilco, Dirección General de Obras del D.D.F. 1957. Biblioteca D.G.C.O.H. coloc G.2 (2355) D399e1t.

Estudio Geomorfológico de la Cuenca Baja del Río Cutzamala, Cervantes Borja F. Jorge, Bibl. Inst. Geografía coloc. 6B428,5M6 c47.

Estudio para determinar el balance hidrológico de la zona lacustre de Xochimilco, 1999, DGCOH, 1999, 7100-c177-e.

Estudio Para el Control de los Niveles y Gastos del Sistema de Canales de Xochimilco, en la Delegación Xochimilco, J.I. Construcciones S.A. de C.V.D.G.C.O.H., 1989.

<ftp://ftpunesco.org/pub/mab/str-en.doc>

Hydrodynamic Model of Common Circulation, Marchuk G.I. Novosibisk, Computer Center of Siberian Division of the USSR Academy of Sciences, 1976.

Food and Natural Resources, Pimentel David, Science num.92, 1978.

La Agricultura Chinampera, Rojas Rabieta Teresa, México, 1993.

La Cuestión Urbana, M. Castells, Siglo XXI, Madrid, 1972.

Lista bibliográfica Sobre La Cuenca del Valle de México, Bojorquez L. UAM, México, 1997.

Los Servicios de Agua Potable, Salazar Jimenez Abed, Tesis, Fac. de Economía, UNAM. 1973.

Manual de Gestión del Medio Ambiente, Manuel A. Soler Manuel, Ed. Ariel, Madrid, 1997.

Mathematical Problems in Dynamics of Incompressible Liquid. Marchuk G.I., Moscow, NAUCA, 1970.

México Una Megaciudad, Ward M. Peter, Alianza México, 1980.

EL CRECIMIENTO URBANO. CAMBIOS EN LOS USOS DEL SUELO Y EFECTOS EN LA  
HIDROLOGÍA. XOCHIMILCO. D.F. DE 1930 A 2000.

Models In Planning, an introduction to the use of quantitative models in planning, Lee Colin  
Pergamon Press, New Castle, 1973.

Origen y Destino del Agua en Xochimilco, Luna de la Vega H. Congreso Nacional de  
Ingeniería Sanitaria, México, 1985.

Plan Ecológico de la Microregión de Playa Azul Mich. Meza Sánchez Magdalena,  
S.A.H.O.P. 1982. Bibl. Inst. Geografía UNAM, coloc. QH 109 P53.

Plan Hidráulico Delegacional, Xochimilco, DDF, México, 1983.

Problemas Hidráulicos en la Cuenca del Valle de México y Modo de Resolverlos, SARH,  
México, 1969.

Programa parcial de desarrollo Urbano Delegación Xochimilco.  
Gobierno del D.F. México, 1998.

San Esteban un Problema de Abandono de las Chinampas, Beriego Carrillo Loaiza, UAM,  
1992.

The economy of cities  
Jacobs J. Vintage Books. New York, 1969.

Urban Geography in the Non Western Areas G. Norton, S. Ginsburg, en Ph. Hauser y L.F.  
Schnore (1965).

## XV GLOSARIO DE TÉRMINOS

**acuifero** *sin.* embalse de agua subterránea; Formación permeable capaz de almacenar y transmitir cantidades aprovechables de agua.

**acuifero no confinado** *sin.* acuifero con lámina libre; acuifero libre; Acuifero que contiene agua con una superficie piezométrica libre y presenta una zona no saturada.

**acuifero confinado**; Acuifero limitado superior e inferiormente por formaciones impermeables o casi impermeables.

**acuifero semiconfinado** Acuifero cubierto y/o sustentado por una capa relativamente delgada de material semipermeable, a través de la cual tiene lugar el flujo hacia o desde el acuifero.

**acuífugo** Formación sin intersticios interconectados y, por tanto, incapaz de absorber o transmitir agua.

**acuífudo** *sin.* capa semiconfinada; Formación geológica de naturaleza algo impermeable y semiconfinada, que transmite agua en proporción muy pequeña en comparación con un acuifero.

**afluente** *sin.* tributario; Curso de agua que desemboca en un curso mayor o en un lago.

**agua fósil**; **agua intersticial**:

Agua infiltrada en un acuifero durante una antigua época geológica bajo condiciones climáticas y morfológicas diferentes de las actuales y almacenada desde entonces.

**agua freática** *sin.* agua subterránea libre; agua subterránea no confinada; Agua subterránea que se presenta en la zona de saturación y que tiene una superficie libre.

**agua subterránea** Agua del subsuelo que ocupa la zona saturada.

**aguas residuales** Agua que contiene residuos, es decir, materias sólidas o líquidas evacuadas como desechos tras un proceso industrial.

**aireación** Adición de aire al agua que produce un incremento de su nivel de oxígeno disuelto.

**alarma hidrológica** Información de emergencia sobre un fenómeno hidrológico previsto que se considera peligroso.

**agua intersticial** véase también **agua fósil**; agua innata; Agua contenida en los intersticios de la roca.

**alimentación** de un acuifero, Aportes de agua de cualquier procedencia a un acuifero.

**almacenamiento**

1) Retención de aguas en embalses de superficie o subterráneos para su uso futuro.

2) Volumen de agua almacenado.

**altura piezométrica** *sin.* carga estática;

1) Altura a la que subirá el agua en un piezómetro conectado a un punto de un acuifero.

2) Suma del potencial de elevación y del potencial de presión en un punto dentro un líquido, expresada en unidades de altura.

**aluvial**

1) De, perteniente a, o formado por aluvión depositados por aguas fluyentes o pertenecientes a depósitos aluviales.

2) Materiales no consolidados, de época reciente.

**análisis de regresión** Método estadístico desarrollado para investigar la interdependencia o relación entre dos o más variables mensurables. La forma más corriente de análisis de regresión es la regresión lineal.

**andesita**, un tipo de roca ígnea, se llama así por ser frecuente en la cordillera de los Andes, se forma a partir de lava viscosa, relacionándose frecuentemente con explosiones violentas.

**área de alimentación** *sin.* área de recarga; a que alimenta un acuifero, bien por infiltración directa o por escorrentía y la infiltración subsiguiente.

**balance hídrico**; Balance de agua basado en el principio de que durante un cierto intervalo de tiempo el aporte total a una cuenca o masa de agua debe ser igual a la salida total de agua más la variación neta en el almacenamiento de dicha cuenca o masa de agua.

**Basalto**, la más común de las rocas volcánicas, es obscuro y granulado fino, proviene de lavas tan fluidas que con frecuencia forma depósitos enormes.

**batolito**, enorme intrusión de roca ígnea, forma salientes gigantescas con forma de domo.

**bloques**, grandes fragmentos de la antigua clavija volcánica que salen despedidos de un volcán durante su erupción.

**bombas**, grandes gotas de lava despedidas por un volcán en erupción, que se solidifican de diferentes maneras al enfriarse en el aire.

**caldera**, gran cuenco en lo alto del volcán que se forma al precipitarse la cumbre en la cámara de magma, con frecuencia es posteriormente ocupada por un lago.

**calidad del agua** Propiedades físicas, químicas, biológicas y organolépticas del agua.



## EL CRECIMIENTO URBANO. CAMBIOS EN LOS USOS DEL SUELO Y EFECTOS EN LA HIDROLOGÍA. XOCHIMILCO. D.F. DE 1990 A 2000.

**evaporación potencial** *sin.* capacidad de evaporación; Cantidad de vapor de agua que puede ser emitida por una superficie de agua pura en las condiciones existentes.

**capacidad de infiltración** Velocidad máxima a la que el agua puede ser absorbida por un terreno determinado, por unidad de superficie y en ciertas condiciones.

**capacidad de campo** *sin.* capacidad de retención de agua; capacidad efectiva; capacidad (humedad) de retención capilar; *véase también* **capacidad de retención específica** ; Cantidad de agua retenida en un suelo después de drenar el agua de gravedad.

**capacidad de retención específica** capacidad expresada en porcentaje del volumen.

**capacidad de transporte de agua**, Caudal máximo que puede ser transportado a través de cualquier sección transversal de un curso de agua.

**caudal** *sin.* medida del flujo; Volumen de agua que fluye a través de una sección transversal de un río o canal en la unidad de tiempo.

**caudal específico (de aguas subterráneas)** *sin.* velocidad aparente; Caudal de aguas subterráneas por unidad de superficie medido perpendicularmente a la dirección del flujo.

**coeficiente de almacenamiento** Volumen de agua liberado o añadido a un acuífero por unidad de superficie del acuífero y por unidad de variación de carga hidráulica.

**coeficiente de desagüe** *sin.* coeficiente de almacenamiento específico; coeficiente de drenaje; Cantidad de agua drenada del suelo por unidad horizontal de superficie y unidad de descenso de nivel.

**coeficiente de autocorrelación** Medida de la autocorrelación entre parejas de elementos de una serie expresada mediante su covarianza dividida por la varianza de la serie.

**coeficiente de conductividad hidráulica** *sin.* coeficiente de Darcy; *véase también* **coeficiente de permeabilidad** ; **conductividad hidráulica** ; Valor numérico que expresa la conductividad hidráulica.

**coeficiente de correlación** *véase también* **coeficiente de correlación múltiple** ; **covarianza** ; Medida de la interdependencia de dos variables. Su cuadrado se obtiene dividiendo la covarianza de las variables por el producto de sus desviaciones típicas.

**coeficiente de infiltración** Relación entre la infiltración y la precipitación.

**coeficiente de permeabilidad** *véase también* **coeficiente de conductividad hidráulica** ; Término usado para el coeficiente de conductividad hidráulica, pero no recomendado para ello.

**coeficiente de regresión** Coeficiente de una variable independiente en una ecuación de regresión. En una regresión lineal de primer grado es la pendiente de la recta de regresión.

**transmisividad** *sin.* coeficiente de transmisividad; Caudal a través de una sección de acuífero de anchura unidad bajo un gradiente hidráulico unitario. Se expresa como el producto de la conductividad hidráulica por el espesor de la porción saturada de un acuífero.

**conductividad hidráulica** *véase también* **coeficiente de conductividad hidráulica** ; **ley de Darcy** ; Propiedad combinada de un medio poroso y saturado y del fluido que lo atraviesa, que determina la relación, llamada ley de Darcy, entre el caudal específico y el gradiente hidráulico que lo origina.

**cono de depresión** Depresión, en forma de cono con límites convexos hacia arriba, de la superficie piezométrica de aguas subterráneas, que define el área de influencia de un pozo.

**conservación de recursos hídricos** Medidas tomadas para reducir la cantidad de agua utilizada para un fin determinado y/o protegerla de la contaminación.

**constante** Factor de cualquier serie causal que es, o se supone inmutable, de uso común en el análisis estadístico.

**consumo de agua** Cantidad de agua superficial y subterránea absorbida por las plantas y transpirada o utilizada directamente por las mismas en la formación de tejido vegetal, más las pérdidas por evaporación en la zona cultivada expresada en unidades de volumen por unidad de superficie. También incluye todas aquellas actividades en las que el uso de agua produce pérdidas con relación a la cantidad inicial suministrada, por ejemplo los consumos urbanos e industriales.

**contaminación** Introducción en el agua de sustancias no deseables, no presentes normalmente en la misma, por ejemplo microorganismos, productos químicos, residuos o vertidos que la hacen inadecuada para el uso previsto.

**correlación** Interdependencia o relación entre dos variables mensurables.

**correlación serial** Correlación entre elementos de una muestra de una serie temporal (o espacial) y aquellos elementos retrasados o adelantados en un intervalo fijo de tiempo (o espacio).

**corriente subterránea** *sin.* corriente bajo tierra; Masa de agua en movimiento que pasa a través de un intersticio de gran tamaño, como una caverna, cueva o un grupo de grandes intersticios intercomunicados.

**cronograma** descripción de las actividades en relación con el tiempo en el que se desarrollan.

**cota de referencia** Marca permanente, natural o artificial, en una cota conocida respecto de un origen adoptado.

**Covarianza** Momento de primer orden del producto de dos variables, respecto a sus valores medios.

**cuenca** a de drenaje de un curso de agua, río o lago.

EL CRECIMIENTO URBANO CAMBIOS EN LOS USOS DEL SUELO Y EFECTOS EN LA  
HIDROLOGÍA. XOCHIMILCO, D.F. DE 1930 A 2000

**chinampa** huerto conformado de extensiones de terreno rodeado de agua, donde se cultivan frutas y verduras.

**dacita**, roca volcánica que se forma de lava muy viscosa típicamente se encuentra en los domos de lava.

**déficit hídrico**, Diferencia acumulada entre evapotranspiración potencial y precipitación durante un período determinado, en el cual la precipitación es la menor de las dos variables.

**demanda bioquímica de oxígeno (DBO)**, medida de la cantidad de oxígeno necesario para descomponer los materiales orgánicos de un volumen específico de agua. Aumento de los desechos orgánicos del agua que requiere una alta demanda de oxígeno.

**ecuación de balance véase también balance hídrico**; Ecuación que expresa el balance entre aporte, salidas y cambios en el almacenamiento en cualquier masa de agua a lo largo de un período de tiempo.

**eficiencia del pozo** Relación entre el descenso de nivel teórico de un pozo, y el real, obtenida mediante los datos de las pruebas de bombeo. El descenso de nivel teórico se determina basándose en los datos de descenso de nivel y caudal. Factores de diseño y de construcción del pozo pueden incrementar el descenso de nivel real.

**efluentes**, cualquier flujo de salida de un proceso.

**empírico** observación por percepciones sensoriales.

**epistemología** Teoría de la ciencia, tiene por objeto conocer las cosas por sus causas.

**error**

1) En sentido general equivocación evitable, por ejemplo errores de copia, errores de interpretación.

2) En estadística, la diferencia entre el resultado de un cálculo, estimación o medición y el valor "real" o "esperado". En este sentido no implica la idea de equivocación.

**Estratovolcán**, volcán formado por capas de lava y ceniza de erupciones sucesivas.

**evaporación real *sin.*** evaporación efectiva; Cantidad de agua que se evapora de una superficie de agua libre o del terreno.

**evaporación relativa *sin.*** índice de evaporación; Relación entre el valor real de la evaporación desde una superficie de suelo y de agua y la evaporación potencial en condiciones atmosféricas existentes

**evapotranspiración** Cantidad de agua transferida del suelo a la atmósfera por evaporación y transpiración vegetal.

**evapotranspiración potencial** Cantidad máxima de agua capaz de ser evaporada en un clima dado, por una cubierta vegetal continua y bien alimentada de agua. Por lo tanto incluye la evaporación del suelo y la transpiración vegetal en una región específica y en un intervalo de tiempo dado. Se expresa en altura de agua.

**evapotranspiración real *sin.*** evapotranspiración efectiva; Suma de las cantidades de agua evaporadas del suelo y de las plantas cuando el terreno se encuentra con su contenido natural de humedad.

**explotación de recursos hídricos** Desarrollo, distribución y utilización planificada de los recursos hídricos.

**flujo laminar véase también flujo turbulento**; Flujo de un fluido en el que predominan las fuerzas de viscosidad. En un cauce las partículas del fluido se desplazan siguiendo trayectorias relativamente suaves y bien definidas sin que se produzcan mezclas transversales significativas. El flujo es laminar cuando su número de Reynolds es inferior a 500000 en el caso de flujo en cauce, o inferior a 160 en el caso de flujo en un medio poroso.

**flujo turbulento véase también flujo laminar**; Flujo con turbulencia. En el flujo de canales se produce para un número de Reynolds superior a aproximadamente 5000, y en el flujo a través de medios porosos para un número de Reynolds mayor que 10.

**ley de Darcy *sin.*** fórmula de Darcy; Fórmula que expresa la proporcionalidad entre el caudal específico de un líquido que fluye a través de un medio poroso y el gradiente hidráulico, en régimen laminar (números bajos de Reynolds).

**galería filtrante** Conducto cerrado de bajo gradiente (dren o túnel) excavado en un acuífero que recoge agua subterránea por flujo gravitatorio.

**gradiente hidráulico**

1) En un conducto cerrado, la pendiente del perfil piezométrico.

2) En canales abiertos, pendiente de la superficie de agua.

3) En medio poroso, la disminución de la altura piezométrica por unidad de distancia en la dirección del flujo.

**hidrología**, estudio del agua como elemento dinámico del planeta, es decir, los cambios de estado físico, presencia, distribución y circulación en el suelo, subsuelo, polos terrestres y atmósfera.

**hidrología de aguas subterráneas *sin.*** hidrogeología; Rama de la hidrología que trata de las aguas subterráneas, teniendo en cuenta las condiciones geológicas.

**hidrología estocástica *sin.*** hidrología estadística; Procesos y fenómenos hidrológicos que se describen y analizan por los métodos de la teoría de probabilidad. índice de infiltración

**velocidad media de infiltración**, deducida de un histograma de tal modo que el exceso de precipitación sobre esta velocidad sea igual al volumen de escorrentía.

**hipótesis** Una afirmación tentativa presentada para probar sus consecuencias lógicas o empíricas.

**infiltración**; Filtración de una porción de agua de lluvia o nieve hacia el terreno.

EL CRECIMIENTO URBANO, CAMBIOS EN LOS USOS DEL SUELO Y EFECTOS EN LA  
HIDROLOGÍA, XOCHIMILCO, D.F., DE 1990 A 2000

**Indicador** Es la definición que se hace en término de variables empíricas de las variables teóricas contenidas en una hipótesis. Constituyen las subdimensiones de las variables y se componen de "items" (medidas del indicio o indicador de la realidad que se quiere conocer).

**isótopo** Dos o más elemento formas de un químico, con el mismo número de protones, pero con distinto número de masa atómica, debido a que tienen un número distinto de neutrones en su núcleo.

**Inferencia** Razonamiento lógico que permite tomar una decisión sobre el grado de certeza que posee una hipótesis // juicio que se formula a partir de otros juicios o premisas previamente aceptados y no por la observación directa de datos.

**lixiviación:** movimiento de sustancias químicas a través de poros, fisuras o fallas del terreno hacia el subsuelo a partir de depósitos de residuos en disposiciones superficiales, o subterráneas .

**lodos;** Sólidos asentados y removidos por sedimentación.

**lento freático;** nivel superior de aguas libres del subsuelo,. Su importancia radica en ser un reservorio vital de agua potable, así como en proporcionar firmeza y estabilidad al subsuelo.

**marco teórico** Teoría del problema, respaldo que se supone al problema, el marco teórico nos ayuda a precisar y organizar los elementos contenidos en la descripción del problema, de tal manera que puedan ser manejados y convertidos en acciones concretas.

**método** Conjunto de procedimientos sistemáticos para lograr el desarrollo de una ciencia o parte de ella, manera determinada de procedimientos para ordenar la actividad a fin de lograr un objetivo.

**modelo** Aproximación teórica de la realidad, por medio de la cual los postulados y suposiciones conceptuales pueden ser aplicados a la realidad.

**metodología** Tratado del método, investigación sistemática y formulación de métodos que deben usarse en la investigación científica.

**nivel de agua fijo** *sin.* nivel de agua estático; Altura del nivel freático o de la superficie piezométrica, cuando no está influida por bombeo o recarga.

**nivel de agua subterránea** Elevación, en un lugar y momentos dados, del nivel freático o superficie piezométrica de un acuífero.

**nivel de bombeo** *sin.* nivel dinámico; Altura a la que se mantiene el agua de un pozo para un caudal de bombeo dado.

**nivel freático** *sin.* nivel de aguas subterráneas; superficie de aguas subterráneas; superficie freática; Superficie en la zona de saturación de un acuífero libre sometido a la presión atmosférica.

**operacionalidad** Condición para poner a prueba una hipótesis la cual exige que esté bien formulada de manera clara, de manera que a partir de ella se pueda efectuar la deducción.

**pendiente freática** Variación de la cota de un nivel freático por unidad de distancia, en una dirección normal a las isopiezas freáticas.

**Piezómetro** Pozo de observación en el que se pueden medir el nivel freático o la altura piezométrica.

**porosidad** *sin.* porosidad total; volumen poroso;

Relación entre el volumen de intersticios en una muestra dada de un medio poroso, por ejemplo suelo, y el volumen bruto del medio poroso, incluidos los huecos.

**precipitación** 1) Elementos líquidos o sólidos procedentes de la condensación del vapor de agua que caen de las nubes o son depositados desde el aire en el suelo.

2) Cantidad de precipitación (según la definición 1)) caída sobre una unidad de superficie horizontal por unidad de tiempo.

**precipitación efectiva** 1) Parte de la precipitación que contribuye a la escorrentía. En algunos procesos el flujo subsuperficial se excluye completamente de la escorrentía directa, con lo que la precipitación efectiva es igual al exceso de precipitación.

2) En agricultura, parte de la lluvia que permanece en el suelo y contribuye al crecimiento de las cosechas.

**percolación** (1) pérdidas por infiltración (2); rezume (3);

1) Movimiento lento del agua en un medio poroso.

2) Pérdida de agua por infiltración en el suelo desde un canal u otra masa de agua.

3) Agua que emerge del terreno a lo largo de una línea o superficie.

**recarga de un acuífero** *sin.* alimentación; Proceso por el cual se aporta agua del exterior a la zona de saturación de un acuífero, bien directamente a la misma formación o indirectamente a través de otra formación.

**recarga específica de un acuífero** Cantidad de agua añadida a un acuífero por unidad de superficie y tiempo.

**recursos hídricos** Recursos disponibles o potencialmente disponibles, en cantidad y calidad suficientes, en un lugar y en un periodo de tiempo apropiados para satisfacer una demanda identificable.

**régimen hidrológico** Variaciones del estado y características de una masa de agua que se repiten regularmente en el tiempo y en el espacio y que son cíclicas, por ejemplo, estacionales.

EL CRECIMIENTO URBANO. CAMBIOS EN LOS USOS DEL SUELO Y EFECTOS EN LA  
HIDROLOGÍA, XOCHIMILCO. D.F. DE 1930 A 2000

Teoría Compuesta por los principios o fórmulas de orden general que tienen como fin explicar algún tipo de fenómeno o fenómenos, explicación sistemática de determinados aspectos de la realidad.

transmisividad *sin* coeficiente de transmisividad; Caudal a través de una sección de acuífero de anchura unidad bajo un gradiente hidráulico unitario. Se expresa como el producto de la conductividad hidráulica por el espesor de la porción saturada de un acuífero.

tratamiento biológico, uso de un organismo para descomponer los materiales orgánicos con el fin de reducir la demanda bioquímica de oxígeno.

tratamiento primario, remoción de los sólidos asentados en aguas residuales.

tratamiento secundario, reducción de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO), en las aguas residuales.

tratamiento terciario, es el tercero en una serie de procesos de tratamientos de aguas residuales. Se refiere a un proceso especial o tratamiento químico para remover sustancias o bacterias causantes de enfermedad.

trazador isotópico Trazador artificial (añadido al agua) o natural (presente en la misma) que es un isótopo de uno de los elementos presentes en el agua.

variable, valor que puede tomar cualquier elemento de un determinado conjunto de valores

variable en el sentido matemático.

zona de aireación *sin*. zona no saturada; Parte de la litosfera en la que los intersticios se encuentran parcialmente llenos de aire y parcialmente de agua."

zona saturada Zona de material poroso, en la que todas las oquedades, grandes y pequeñas, están llenas de agua.

### Anexo de información.

Tarifas por consumo de agua en pesos por M<sup>3</sup> para 2001, para el D.F.

Doméstico:	Cuota mínima.	Cuota adic. por M <sup>3</sup> sobre límite inferior
hasta 10 m <sup>3</sup> /bimestre	\$ 11.50	\$0
hasta 20 m <sup>3</sup> /bimestre	\$ 11.50	\$1.36
hasta 30 m <sup>3</sup> /bimestre	\$ 25.06	\$1.58
hasta 50 m <sup>3</sup> /bimestre	\$ 50.73	\$3.00
hasta 70 m <sup>3</sup> /bimestre	\$ 110.80	\$3.84
hasta 90 m <sup>3</sup> /bimestre	\$ 187.65	\$4.91
hasta 120 m <sup>3</sup> /bimestre	\$ 285.71	\$9.76
hasta 180 m <sup>3</sup> /bimestre	\$ 578.53	\$12.34
hasta 240 m <sup>3</sup> /bimestre	\$ 1,329.09	\$17.73
hasta 420 m <sup>3</sup> /bimestre	\$ 2,383.01	\$20.43
hasta 660 m <sup>3</sup> /bimestre	\$ 6,059.46	\$23.80
hasta 960 m <sup>3</sup> /bimestre	\$11,770.98	\$25.72
hasta 1500 m <sup>3</sup> /bimestre	\$19,485.25	\$29.58
mas de 1500 m <sup>3</sup> /bimestre	\$35,458.15	\$31.48
No doméstico:		
hasta 10 m <sup>3</sup> /bimestre	\$ 69.04	\$0
hasta 20 m <sup>3</sup> /bimestre	\$ 138.01	\$0
hasta 30 m <sup>3</sup> /bimestre	\$ 207.05	\$0
hasta 60 m <sup>3</sup> /bimestre	\$ 207.05	\$10.26
hasta 90 m <sup>3</sup> /bimestre	\$ 514.77	\$13.34
hasta 120 m <sup>3</sup> /bimestre	\$ 914.87	\$16.42
hasta 240 m <sup>3</sup> /bimestre	\$ 1,407.37	\$19.49
hasta 420 m <sup>3</sup> /bimestre	\$ 3,746.00	\$22.57
hasta 660 m <sup>3</sup> /bimestre	\$ 7,808.54	\$25.68
hasta 960 m <sup>3</sup> /bimestre	\$13,964.66	\$28.88
hasta 1500 m <sup>3</sup> /bimestre	\$ 22,628.76	\$32.35
mas de 1500m <sup>3</sup> /bimestre	\$40,095.85	\$33.18

Fuente: Centro Dinámico de Cobro, Comisión de Aguas del Distrito Federal, 2001.

EL CRECIMIENTO URBANO: CAMBIOS EN LOS USOS DEL SUELO Y EFECTOS EN LA  
HIDROLOGÍA XOCHIMILCO, D.F., DE 1930 A 2000

Gastos de los pozos en operación

POZOS MANEJADOS POR GAVM CLAVE	AÑOS				GASTO M3/seg.
	1996	1997	1998	1999	
ATN-19	0.038	0.031		0.007	0.0253
ATN-20		0.016		0.025	0.0205
ATN-20B		0.026	0.021	0.038	0.0283
ATN-21			0.074	0.071	0.0725
ATN-22	0.1	0.088	0.074	0.074	0.0840
ATN-23	0.076	0.056	0.056	0.029	0.0543
ATN-24			0.037	0.041	0.0390
ATN-25	0.077	0.075			0.0760
ATN-26	0.041	0.125	0.089	0.056	0.0778
ATN-27	0.106	0.035	0.054	0.044	0.0598
TN-1					0.0180
TN-2					0.025
TN-5TN-6					0.06
TN-7					0.042
TN-8					0.076
TN-9					0.032
TN-11					0.045
TN-12					0.066
TN-13					0.073
TN-14					0.028
TN-15					0.044
TN-17					0.035
TN-18					0.056
PS-1					0.03
PS-2					0.045
PS-3					0.064
PS-4					0.066
PS-5					0.038
PS-9					0.021
PS-23					0.08
PS-31					0.05
PS-33					0.046
PS-34					0.021
PS-35					0.073
N-1					0.027
N-2					0.056
N-3					0.034
N-4					0.065
N-5					0.067
N-6					0.081
N-7					0.062
	1520				0.044
	1570				0.038
	2345				0.07
					2.2154

EL CRECIMIENTO URBANO. CAMBIOS EN LOS USOS DEL SUELO Y EFECTOS EN LA  
HIDROLOGÍA. XOCHIMILCO, D.F., DE 1930 A 2000

POZOS MANEJADOS POR DGCOH				GASTO
MIR-1				0.063
MIR-2				0.065
MIR-3				0.068
MS-1				0.021
MS-2				0.015
NAT-1				0
NAT-2				0.053
NAT-3				0.05
NORIA-1				0.041
NORIA-2				0.063
NORIA-3				0.035
NORIA-4				0.074
NORIA-5				0
NORIA-6				0.045
NORIA-7				0
PANTSL				0.031
PER-11				0.019
RECSUR-1				0.034
RECSUR-2				0.035
RESSUR				0.054
S-1				0.041
S-2				0.047
S-3				0.041
S-4				0.038
S-5				0.031
S-6				0.031
S-7				0.048
S-8				0.063
S-9				0.05
S-10				0.029
SAN GREG- 1				0.022
SAN GREG- 2				0.023
SLATEMOA1				0.046
SLATEMOA2				0
SL-1				0.037
SL-3				0
SL-4				0
SL-5				0
SL-6				0
SL-7				0.106
SL-8				0.032
SL-9				0.042
SL-10				0
SL-11				0.072

EL CRECIMIENTO URBANO, CAMBIOS EN LOS USOS DEL SUELO Y EFECTOS EN LA  
HIDROLOGÍA, XOCHIMILCO, D.F. DE 1930 A 2000

	SL-13					0.06
	SL-14					0.037
	SL-15					0
	SL-16					0.084
	SL-17					0.015
	SL-18					0.094
	SL-19					0.029
	SL-20					0.067
	SLTLALXIAL					0.043
	SLUCXOCH					0.035
	SCRUZAC1					0.033
	SCRUZAC2					0.065
	SCRUZOC					0.084
	H					
	SANTIAGOT					0.039
	TEP-1					0
	TEP-2					0.025
	TEP-3					0.025
	CERR-1					0.019
	CERR-2					0.052
	CERR-3					0.031
	ESCNAL1					0
	ESCNAL2					0
	S-11					0.033
	S-12					0.057
	S-13					0.035
	TUL-5					0
	TUL-6					0
	TUL-7					0
	TUL-8					0.019
	TUL-9					0
	TUL-10					0
	ARENAL					0
	R-11					0.051
	PISTAOLIMP					0.039
						2.7080
	PROMEDIO TOTAL EXPLOTACION en 1999, M3/SEG					4.9234
	Fuente: Dirección de Operación, DGCOH.GDF. Depto. de Planeación					

EL CRECIMIENTO URBANO CAMBIOS EN LOS USOS DEL SUELO Y EFECTOS EN LA  
HIDROLOGÍA. XOCHIMILCO D.F. DE 1930 A 2000

COEFICIENTES DE TRANSMISIVIDAD HIDRAULICA, M/AÑO				ALMACENAMIENTO, M3	
Formaciones lacustres:					
Ola	0.04	<Kv	3.15	Ss=0.5	
Formaciones aluviales:					
Oal	9.77	<Kh	163,987.00	0.00094	<Sy<0.18
Volcánico basáltico:					
Ob	536.11	<Kh	725,328.00	Ss=0.1	<0.27
Rocas volcánicas andesíticas del plio cuaternario (formación Tarango):					
Tqp	63.00	<Kh	3,183.00	0.014	<Sy<0.11
Rocas basálticas y andesíticas:					
Tpba	441.50	<Kh	182,908.00		
Secuencia estratificada del plioceno inferior:					
Tppc	37.84	<Kh	11,352.00	Ss=0.0017	
Rocas volcánicas andesíticas del mioceno:					
Tpv	138.75	<Kh	3,153.00	Ss=0.0014	
Kh= coeficiente de transmisividad horizontal					
Ss= coeficiente de almacenamiento específico					
Sy= rendimiento específico					
Fuente: Balance geohidrologico en el D.F. y modelación de la explotación del acuífero, Lesser y Asoc. S.A., D.G.C.O.H. , 1996. Coloc. Biblioteca D.G.C.O.H. 6188-L173.b					
COEFICIENTES DE TRANSMISIVIDAD HIDRAULICA M3/AÑO				ALMACENAMIENTO, M3	
ACUITARDO: desde 40 a 300 m. de profundidad.					
	0.15	<0.63		0.0573	
ACUIFERO GRANULAR: desde 300 a 2000 m. de profundidad.					
	315.3	<4730.4		0.0003	
ACUIFERO VOLCÁNICO: a mas de 2000 m de profundidad					
	3.15	<15.76		0.0003	
Fuente Herrera et. al. Revista Geofísica Internacional, Instituto de Geofísica UNAM, vol. 28, núm. 2 , 1989.					



**Fundamentos jurídicos y administrativos:**

Algunos de los principales argumentos legales que inciden en el problema del crecimiento urbano y sus efectos sobre los mantos acuíferos en la Delegación Xochimilco, involucrando a los organismos de planeación y a los operadores del servicio de abasto de agua, bajo convenio de coordinación con autoridades federales según su orden jerárquico son los siguientes:

**CONSTITUCIÓN POLÍTICA DE LOS ESTADOS UNIDOS MEXICANOS**, publicada el 5 de febrero de 1917.

**Capítulo I de las garantías individuales**

En estos dos artículos constitucionales se fundamenta la designación de los organismos responsables de la explotación de los recursos hídricos como competencia directa del ejecutivo federal, así mismo se hace la advertencia referente a: la planeación democrática, la propiedad privada con sentido social y la imposibilidad de utilización directa del agua por los gobernados, siendo propiedad de la nación, excepto en los casos señalados que son mínimos.

Art. 26. "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 incorporadas al plan y programas de desarrollo habrá un plan nacional de desarrollo al que se sujetaran 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 así mismo, 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.

En el sistema de planeación democrática el congreso de la Unión tendrá la intervención que señale la ley.

Art. 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.

Las expropiaciones solo podrán hacerse en caso de utilidad pública y mediante indemnización.

La nación tendrá en todo tiempo el derecho de imponer a la propiedad privada las modalidades que dicte el interés público, así como el de regular, en beneficio social, el aprovechamiento de los elementos naturales susceptibles de apropiación, con objeto de hacer la distribución equitativa de la riqueza pública, cuidada su conservación, lograr el desarrollo equilibrado del país y el mejoramiento de la calidad de vida de la población rural y urbana. En consecuencia se dictarán las medidas necesarias para ordenar los asentamientos humanos y establecer adecuadas provisiones, usos, reservas y destinos de tierras, aguas y bosques, a efecto de efectuar obras públicas y planear y regular la fundación, conservación, mejoramiento y crecimiento de los centros de población; para preservar el equilibrio ecológico; para el fraccionamiento de los latifundios; para disponer en los términos de la ley reglamentaria, la organización y explotación de los ejidos y comunidades, para el desarrollo de la pequeña propiedad rural; para el fomento de la agricultura, de la ganadería y de la silvicultura y de las demás actividades económicas en el medio rural, y para evitar la destrucción de los elementos naturales y los daños que la propiedad pudiera sufrir en perjuicio de la sociedad.

EL CRECIMIENTO URBANO, CAMBIOS EN LOS USOS DEL SUELO Y EFECTOS EN LA  
HIDROLOGÍA, XOCHIMILCO, D.F., DE 1930 A 2000.

Corresponde a la nación el dominio directo de todos los recursos naturales de la plataforma continental y de los zócalos submarinos de las islas; de todos los minerales o sustancias que en vetas, mantos, masas, o yacimientos constituyan depósitos cuya naturaleza sea distinta de los componentes de los terrenos, tales como los minerales de los que se extraigan metales y metaloides utilizados en la industria; los yacimientos y piedras preciosas, de sal de gema y las salinas formadas directamente de por las aguas marinas; los productos derivados de la descomposición de las rocas, cuando su explotación necesite de trabajos subterráneos; los yacimientos minerales u orgánicos de materias susceptibles de ser utilizados como fertilizantes; los combustibles minerales sólidos; el petróleo y todos los carburos de hidrógeno sólidos líquidos o gaseosos, y el espacio situado sobre el territorio nacional sobre una extensión y términos que fije el derecho internacional.

Son propiedad de la Nación las aguas de los mares territoriales en la extensión y términos que fije el derecho internacional; las aguas marinas interiores; las de las lagunas y esteros que se comuniquen permanentemente con el mar; las de los lagos interiores de formación natural que estén ligados directamente a corrientes constantes; las de los ríos y sus afluentes directos o indirectos, desde el punto del cauce en que se inician las primeras aguas permanentes, intermitentes o torrenciales, hasta su desembocadura en el mar, lagos lagunas o esteros de propiedad nacional; las de las corrientes constantes o intermitentes y sus afluentes directos o indirectos, cuando el cauce de estas en parte de ellas o en toda su extensión sirva como límite al territorio nacional o a dos entidades federativas o cuando pase de una entidad federativa a otra o cruce la línea divisoria de la República; las de los lagos lagunas o esteros cuyos vasos, zonas o riberas, estén cruzadas por líneas divisorias de dos o más entidades de la República y un país vecino; o cuando el límite de las riberas sirva de lindero entre dos entidades federativas o a la República con un país vecino; las de los manantiales que broten en las playas, zonas marítimas, cauces, vasos o riberas de los lagos lagunas o esteros de propiedad nacional, y las que se extraigan de las minas; los cauces lechos o riberas de los lagos y corrientes interiores en la extensión que fije la ley. Las aguas del subsuelo pueden ser libremente alumbradas mediante obras artificiales y apropiarse por el dueño del terreno; pero cuando lo exija el interés público o se afecten otros aprovechamientos el ejecutivo federal podrá reglamentar su extracción y utilización y aún establecer zonas vedadas, al igual que las demás aguas de propiedad nacional. Cualesquiera aguas no incluidas en la enumeración anterior, se considerarán como parte integrante de la propiedad de los terrenos por la que corran estos o en los que se encuentren sus depósitos; pero si se localizan en dos o más predios el aprovechamiento de esta agua se considerará de utilidad pública, y quedará sujeto a las disposiciones que dicten los estados.

En los casos a que se refieren los dos párrafos anteriores, el dominio de la nación es inalienable e imprescriptible y la explotación el uso o el aprovechamiento de los recursos de que se trata, por los particulares o por sociedades constituidas conforme a las leyes mexicanas, no podrá realizarse no podrá realizarse sino mediante concesiones otorgadas por el ejecutivo federal, de acuerdo con las reglas y condiciones que establezcan las leyes. Las normas legales relativas a obras o trabajos de explotación de minerales y sustancias a las que se refiere el párrafo cuarto, regularán la ejecución y comprobación de los que se efectúen o deban efectuarse a partir de su vigencia, independientemente de la fecha de las concesiones, y su inobservancia dará lugar a la cancelación de éstas. El gobierno federal tiene la facultad de establecer reservas territoriales y suprimirlas. Las declaratorias correspondientes se harán por el ejecutivo en los casos y condiciones que las leyes prevean. Tratándose de petróleo y de los carburos de hidrógeno sólidos líquidos o gaseosos o minerales radioactivos, no se otorgarán concesiones ni contratos, ni subsistirán los que en su caso se hayan otorgado y la nación llevará a cabo la explotación de estos productos, en los términos que señale la ley reglamentaria respectiva. Corresponde exclusivamente a la Nación generar, conducir, transformar, distribuir y abastecer de energía eléctrica que tenga por objeto la prestación del servicio público. En esta materia no se otorgarán concesiones a particulares y la nación aprovechará los bienes y recursos naturales que se requieran para dichos fines."

EL CRECIMIENTO URBANO. CAMBIOS EN LOS USOS DEL SUELO Y EFECTOS EN LA  
HIDROLOGÍA. XOCHIMILCO. D.F., DE 1930 A 2000.

LEY DE AGUAS NACIONALES

Publicada en el diario oficial de la Federación el día 1º de Diciembre de 1992.

A través de la misma se confiere a la Comisión Nacional del agua atribuciones para administrar y mantener autoridad en relación al uso y manejo del recurso.

En la distribución de competencias otorgada a la SEMARNAP, no se señala claramente a los mantos subterráneos, mismos que en esta Ley si se mencionan claramente.

Existe imprecisión en el Art. XXVI de la Ley Orgánica de la Administración Pública donde se señala que la SEMARNAP debe manejar la Cuenca del Valle de México, mientras que en el Art. 38 se mencionan las zonas de veda o reserva para ser administradas directamente por el Ejecutivo Federal a través de "La Comisión".

Art.1."La presente ley es reglamentaria del Art. 27 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos en materia de aguas nacionales;"

Art. 2º. Las disposiciones de esta ley son aplicables a todas las aguas nacionales, sean superficiales o del subsuelo."

Art.3º. fracc.V "La comisión" (Comisión Nacional del Agua), órgano administrativo desconcentrado de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. ( Hoy en día SAGARPA).

Titulo Segundo, Administración del agua, Capítulo 1º. Disposiciones generales.

Art. 4º. La autoridad y administración en materia de aguas nacionales y de sus bienes públicos inherentes corresponde al Ejecutivo Federal, quien la ejercerá directamente a través de " La comisión.

Art.5º. Para el cumplimiento y aplicación de esta ley, el ejecutivo federal promoverá la coordinación de acciones con los gobiernos de las entidades federativas y de los municipios, sin afectar sus facultades en materia y en el ámbito de sus correspondientes atribuciones, así mismo fomentará la participación de usuarios y de los particulares en la realización y administración de las obras y de los servicios hidráulicos. Capítulo II Del Ejecutivo Federal.

Art.6º. Fracc. II.

Compete al ejecutivo federal:

II. Reglamentar el control de la extracción y utilización de las aguas del subsuelo, inclusive las que hayan sido libremente alumbradas, así como las aguas superficiales, en los términos del Título Quinto de la presente ley.

Art. 7º. Se declara de utilidad pública:

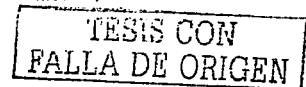
IV Restablecer el equilibrio hidrológico de las aguas nacionales, superficiales o del subsuelo, incluidas las limitaciones de extracción las vedas, las reservas y el cambio de uso del agua para destinarlas a uso doméstico.

Titulo Quinto, Zonas reglamentadas, de veda o de reserva.

Capítulo único.

Art. 38. El ejecutivo federal, previos los estudios técnicos que al efecto se elaboren y publiquen, conforme a lo dispuesto en el artículo 6º. De la presente ley podrá reglamentar la extracción y utilización de aguas nacionales, establecer zonas de veda o declarar la reserva de las aguas en los siguientes casos de interés público:

- I. Para prevenir o remediar la sobreexplotación de los acuíferos;
- II. Para proteger o restaurar un ecosistema;
- III. Para preservar fuentes de agua potable o protegerlas contra la contaminación;



EL CRECIMIENTO URBANO, CAMBIOS EN LOS USOS DEL SUELO Y EFECTOS EN LA  
HIDROLOGÍA, XOCHIMILCO, D.F., DE 1930 A 2000.

IV. Para preservar y controlar la calidad del agua; o

V. Por escasez o sequía extraordinarias.

Los reglamentos, decretos y sus modificaciones se publicarán en el diario oficial de la federación.

Titulo Sexto. Usos del Agua. Capitulo I., Uso público Urbano.

Art. 44.

Los concesionarios o asignatarios podrán solicitar a "La Comisión" la expedición de certificados a que se refieren en los artículos 224 fracción V, 281-I, y 282 fracción IV, e La Ley Federal de Derechos.

Art.81. La explotación, uso o aprovechamiento de aguas nacionales o del subsuelo para centros de población o asentamientos humanos, se efectuará mediante asignación para uso público urbano que otorgue "La Comisión", en los términos que marca la ley en el Art. 44 de "La Ley".  
"La Comisión" otorgará la asignación a los respectivos municipios o en su caso al Gobierno del Distrito Federal.

Art. 86. El uso o rehuso de las aguas residuales que no formen parte de los sistemas públicos de drenaje o alcantarillado y que se extraigan directamente de cuerpos receptores o corrientes de propiedad nacional, requerirá de concesión o asignación de "La Comisión" aún cuando atraviesen o se encuentren en áreas urbanas.

Las personas que infiltren o descarguen aguas residuales en los terrenos o cuerpos receptores distintos a los de los alcantarillados de las poblaciones, deberán obtener permisos de descarga respectivos, en los términos de "La Ley" y del presente reglamento, independientemente del origen de las fuentes de abastecimiento, salvo lo previsto en el Art. 135 de este "Reglamento".

Titulo Séptimo. Prevención y control de la contaminación de las aguas. Capítulo único.

Art. 133. Para los efectos de las fracciones IV, V y VII del artículo 86 de la "Ley", "La Comisión" ejercerá las facultades que corresponden a la autoridad federal en materia de prevención y control de la contaminación del agua, conforme lo establecido en la propia "Ley" así como en el "Reglamento", así como en la Ley General del Equilibrio Ecológico y La Protección al Ambiente, excepto aquellas que conforme a la Ley Orgánica de La Administración Pública Federal y otras disposiciones legales, estén atribuidas a otra dependencia.

En este artículo la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente y hace excepción de las atribuciones de la SEMARNAP y la PROFEPA, como se ha señalado tales atribuciones competen de manera directa según la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal a la SEMARNAP:

Art. 134. Las personas físicas o morales que exploten, usen o aprovechen aguas en cualquier uso o actividad, están obligadas, bajo su responsabilidad y en los términos de la ley, a realizar las medidas necesarias para prevenir su contaminación y en su caso para reintegrarlas en condiciones adecuadas, a fin de permitir su utilización posterior en otras actividades o usos y mantener el equilibrio ecológico.

Art. 136 En los permisos de descargas de las aguas residuales de los sistemas públicos de alcantarillado y drenaje, además de lo dispuesto en el artículo anterior se deberá señalar conforme a lo dispuesto en la ley para efectuar:

II La verificación del estado de conservación de las redes públicas de alcantarillado con el fin de detectar, y corregir en su caso, las posibles fugas que incidan en la calidad de las aguas subterráneas subyacentes y en la eventual contaminación de las fuentes de abastecimiento de agua.

EL CRECIMIENTO URBANO, CAMBIOS EN LOS USOS DEL SUELO Y EFECTOS EN LA  
HIDROLOGÍA, XOCHIMILCO, D.F., DE 1930 A 2000.

III El monitoreo de la calidad del agua que se vierte a las redes públicas de alcantarillado, con el objeto de detectar la existencia de materiales o residuos peligrosos que por su corrosividad, toxicidad, explosividad, reactividad o inflamabilidad puedan representar grave riesgo al ambiente, a las personas o a sus bienes. En este artículo se hace responsable a la DGCOH de todos los derrames e infiltraciones de drenajes y alcantarillado al subsuelo, mismos que no pueden ser monitoreados.

Capítulo III Recursos de revisión.

Art.190 La tramitación del recurso de revisión que establece el artículo 124 de "La Ley", se sujetará a las disposiciones de este "Reglamento" y, en lo no previsto, a las disposiciones del Código Federal de Procedimientos Civiles.

Si se interpone el recurso de revocación o de nulidad de notificaciones contra actos y resoluciones que emita "la Comisión" en materia fiscal, conforme a la presente "Ley", los mismos serán resueltos por el Código Fiscal de la Federación.

Este artículo podría funcionar para que los productores agrícolas demandaran mayor volumen de agua y en mejor calidad que la que reciben.

LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y LA PROTECCIÓN AL AMBIENTE. Publicada en el diario oficial de la federación el día 28 de Enero de 1988, reformada el 13 de Diciembre de 1996.

Se establecen competencias para el uso y manejo del agua incluidos los procesos de extracción, tratamiento y reinyección que lleva a cabo la DGCOH.

Art.119 bis Fracc. I inciso f.

En materia de prevención y control de la contaminación del agua corresponde a los gobiernos de los estados y de los municipios, por sí o a través de sus organismos públicos que administren el agua, así como al del Distrito federal, de conformidad con la distribución de competencia establecida en esta Ley y conforme dispongan las leyes locales en la materia:

I. El control de las descargas de aguas residuales a los sistemas de drenaje y alcantarillado. ;

Art. 120. Para evitar la contaminación del agua, quedan sujetos a regulación federal o local:

VI. Las infiltraciones que afecten a mantos acuíferos; o

VII. El vertimiento de residuos sólidos, materiales peligrosos y lodos provenientes del tratamiento de aguas residuales, en cuerpos y corrientes de agua.

Art. 122. Las aguas residuales provenientes de usos públicos urbanos y de las de los usos industriales o agropecuarios que se descarguen en los sistemas de drenaje y alcantarillado de las poblaciones o cuencas, ríos, cauces, vasos y demás depósitos o corrientes de agua, así como las que por cualquier medio se infiltren en el subsuelo, y en general, derramen en los suelos, deberán reunir las condiciones necesarias para prevenir:

I. Contaminación de los cuerpos receptores;

II. Interferencia en los procesos de depuración.

III. Trastornos, impedimentos o alteraciones en los correctos aprovechamientos, o en el funcionamiento adecuado de los sistemas y en la capacidad hidráulica en las cuencas, cauces, vasos, mantos acuíferos y demás depósitos de propiedad nacional, así como de los sistemas de alcantarillado.

Art. 127. La Secretaría (SEMARNAP), en coordinación con la Secretaría de Salud, emitirán opinión, con base en los estudios de la cuenca y los sistemas correspondientes, para la programación y construcción de obras e instalaciones de purificación de aguas residuales de procedencia industrial.

Art. 128 . Las aguas residuales provenientes de los sistemas de drenaje y alcantarillado urbano podrán utilizarse en la industria o en la agricultura, si se someten en los casos en que se requiera al tratamiento que

EL CRECIMIENTO URBANO, CAMBIOS EN LOS USOS DEL SUELO Y EFECTOS EN LA  
HIDROLOGÍA, XOCHIMILCO, D.F., DE 1930 A 2000.

cumpla con las normas oficiales mexicanas emitidas por la Secretaría, y en su caso por la Secretaría de Salud.

En los aprovechamientos existentes de aguas residuales en la agricultura, se promoverán acciones para mejorar la calidad del recurso, la reglamentación de los cultivos y las practicas de riego.

Art. 133. La Secretaría, con la participación que en su caso corresponda a la Secretaría de Salud conforme a otros ordenamientos legales, realizará un sistemático y permanente monitoreo de la calidad del agua, para detectar la presencia de contaminantes o exceso de desechos orgánicos y aplicar las medidas que procedan. En los casos de aguas de jurisdicción local se coordinará con las autoridades de los estados, el Distrito Federal y los municipios.

**LEY ORGÁNICA DE LA ADMINISTRACIÓN PÚBLICA FEDERAL.**

Publicada en el diario oficial de la federación el día, 29 de Diciembre de 1976.

Como se menciona anteriormente la competencia de la Comisión Nacional del Agua perteneciente a la SAGARPA está débilmente fundamentada por el Art.35 en la fracc. XXI, donde se incluye a la Ley De Aguas Nacionales y se conceden atribuciones a la Comisión, sin embargo esta comisión debería pertenecer a la SEMARNAP por lo expuesto en los artículos que se exponen mas adelante.

Existe un vacío de orden extenso ya que no se señala la competencia de la SAGARPA en la administración del recurso agua, y sin embargo la Comisión Nacional del Agua depende directamente de ella, no así la SEMARNAP la cual según se cita, tiene competencia directa sobre los recursos incluido el del agua.

Título Primero, de la Administración Pública Federal

Art.32 bis. Corresponde a la Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca el despacho de los siguientes asuntos:

- I. Fomentar la protección restauración y conservación de los ecosistemas y recursos naturales y bienes y servicios ambientales, con el fin de propiciar el desarrollo sustentable.
- II. Administrar y regular el uso y promover el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales que correspondan a la federación, con excepción del petróleo y todos los carburos de hidrógenos líquidos, sólidos o gaseosos, así como materiales radioactivos.

XXVII. Manejar el sistema hidrológico del Valle de México.

XXXI. Intervenir, en su caso, en la dotación de agua a los centros de población e industrias; Fomentar y apoyar Técnicamente al desarrollo de los sistemas de agua potable, drenaje, alcantarillado y tratamiento de aguas residuales que realicen las autoridades locales; así como programar, proyectar, construir, administrar, operar y conservar por sí o mediante el otorgamiento de la asignación o concesión que en su caso requiera, o en los términos del convenio que se celebre, las obras y servicios de captación, potabilización, tratamiento de aguas residuales, conducción y suministro de aguas de jurisdicción federal.

Art.35 Corresponde a la Secretaría de Agricultura, Ganadería, y desarrollo rural el despacho de los siguientes asuntos:

XXI. Los demás que le atribuyen las leyes y reglamentos.

**LEY DE INFORMACIÓN ESTADÍSTICA Y GEOGRÁFICA.**

Publicada en el diario oficial el día 30 de Diciembre de 1980.

La ley atribuye de principio la disponibilidad de información al público, sin embargo existen en el tema un sin fin de dificultades para la obtención de información existente.

EL CRECIMIENTO URBANO, CAMBIOS EN LOS USOS DEL SUELO Y EFECTOS EN LA  
HIDROLOGÍA. XOCHIMILCO, D.F., DE 1930 A 2000.

Se atribuye a INEGI el inventario de los recursos incluyendo los hídricos, pero no establece en detalle el nivel de agregación de información por lo que en ocasiones el nivel de información es insuficiente.

Art. 5º. La ley garantiza a los informantes de datos estadísticos la confidencialidad de los que la proporcionen. El ejecutivo expedirá las normas que regulen la circulación y aseguren el acceso del público a la información estadística y geográfica producida.

Art. 10. El servicio Nacional de Información Geográfica comprende:

III. El levantamiento de inventarios nacionales de recursos naturales y de la infraestructura del país.

Normas.

Son aplicables todas las normas oficiales mexicanas referentes a agua:  
desde la NOM-CCA-001-ECOL/1993 hasta la NOM-CCA-044-ECOL/1993  
Así como los criterios ecológicos en la calidad del agua CE-CCA-001/89.

Así mismo sobre las condiciones particulares de recarga:  
MNX-AA-003/80 hasta la MNX-AA-078/81.

36 84 86 88 90 92 94

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

### Delegación Coyoacán

TRAZA URBANA: a partir de TOPOGRAFIA: En base a la HIDROLOGIA: Estudio de las

HUNDIMIENTO: Estudio Para de Hund Referenc (M(NOSE NIVELES DEL MANTO: Estud

19 17'30"

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

2175

-1

-2

-2

Laguna de Regulación Barranca Chica

Parque Ecologico Xochimilco

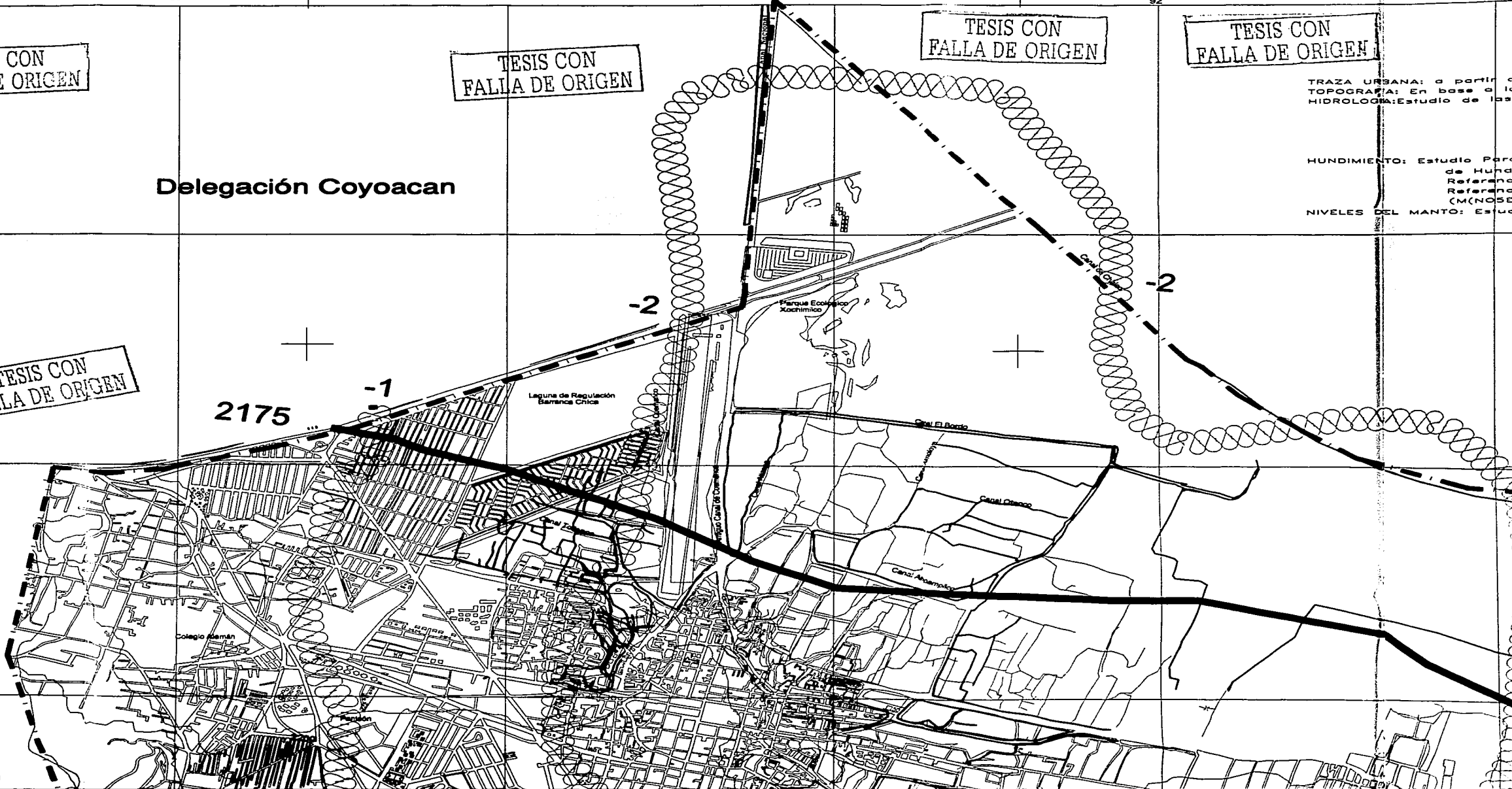
Canal El Bordo

Canal Obispo

Canal Ahuacalco

Colegio Semán

H. Colegio







90 92 94 96 87 89 23

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

TESIS CON

FUENTES Y PROCEDIMIENTOS DE ELABORACION:

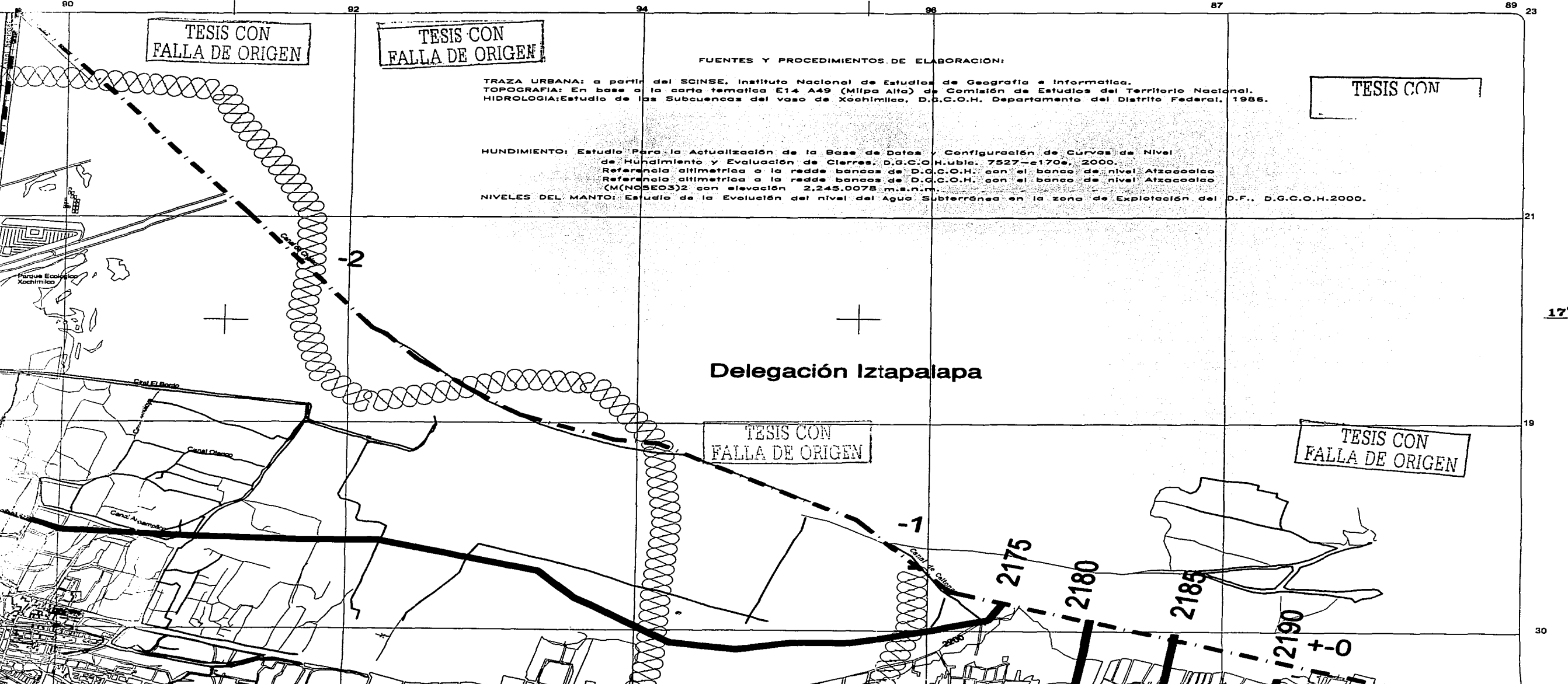
TRAZA URBANA: a partir del SCINSE, Instituto Nacional de Estudios de Geografia e Informatica.  
TOPOGRAFIA: En base a la carta tematica E14 A49 (Milpa Alta) de Comision de Estudios del Territorio Nacional.  
HIDROLOGIA: Estudio de las Subcuencas del vaso de Xochimilco, D.G.C.O.H. Departamento del Distrito Federal, 1986.

HUNDIMIENTO: Estudio Para la Actualización de la Base de Datos y Configuración de Curvas de Nivel de Hundimiento y Evaluación de Cierres, D.G.C.O.H. ubla. 7527-c170a, 2000.  
Referencia altimétrica a la redde bancos de D.G.C.O.H. con el banco de nivel Atzacotalco  
Referencia altimétrica a la redde bancos de D.G.C.O.H. con el banco de nivel Atzacotalco (M(NOSE03)2 con elevación 2,245,0078 m.s.n.m.  
NIVELES DEL MANTO: Estudio de la Evolución del nivel del Agua Subterránea en la zona de Explotación del D.F., D.G.C.O.H.2000.

Delegación Iztapalapa

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

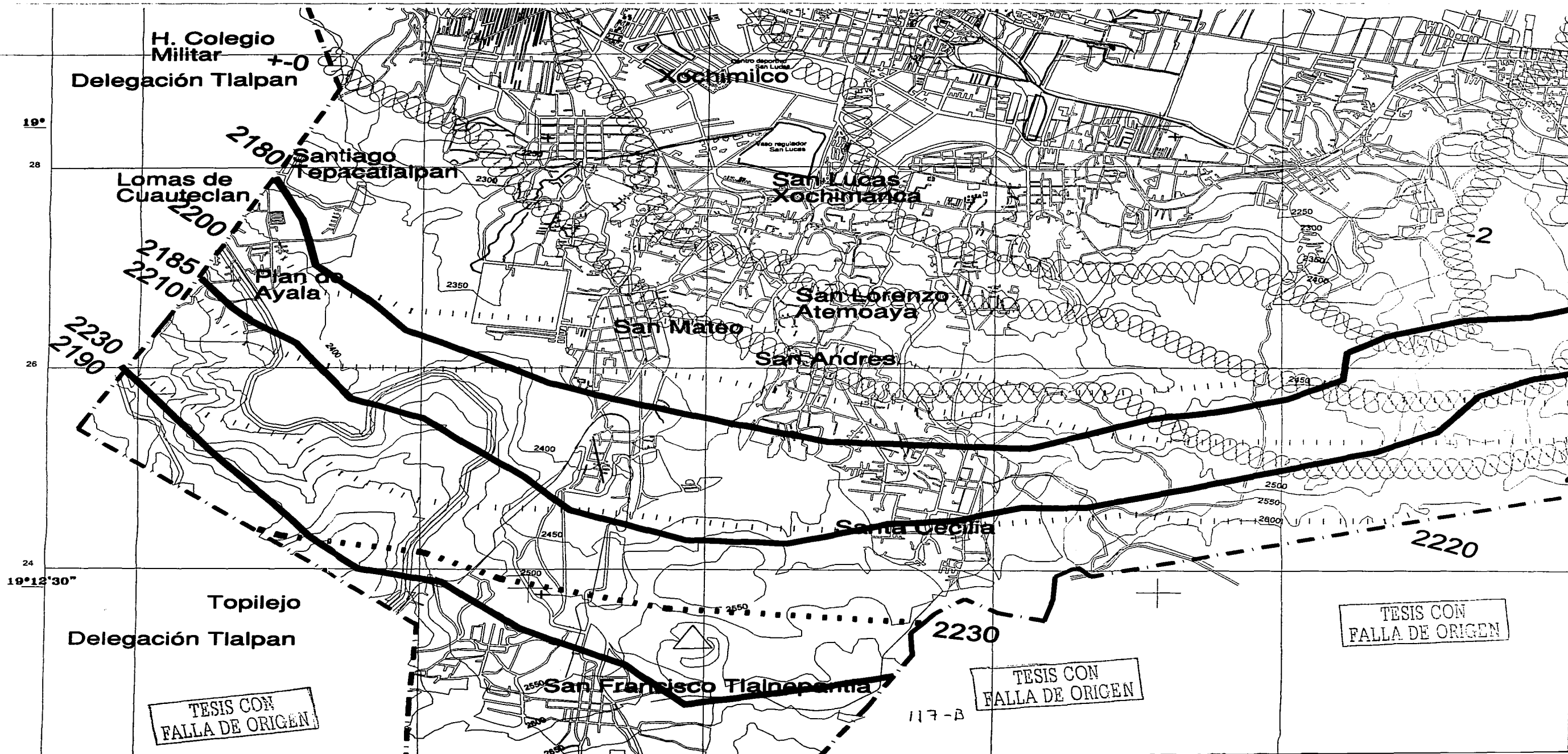
TESIS CON FALLA DE ORIGEN



17°30"

19

30



H. Colegio Militar  
Delegación Tlalpan

Xochimilco

2180  
Santiago Tepacatlalpan

San Lucas Xochimilco

Lomas de Cuautecan

Plan de Ayala

San Mateo

San Lorenzo Atemoaya

San Andrés

Santa Cecilia

San Francisco Tlalpan

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

117-B

19°

28

26

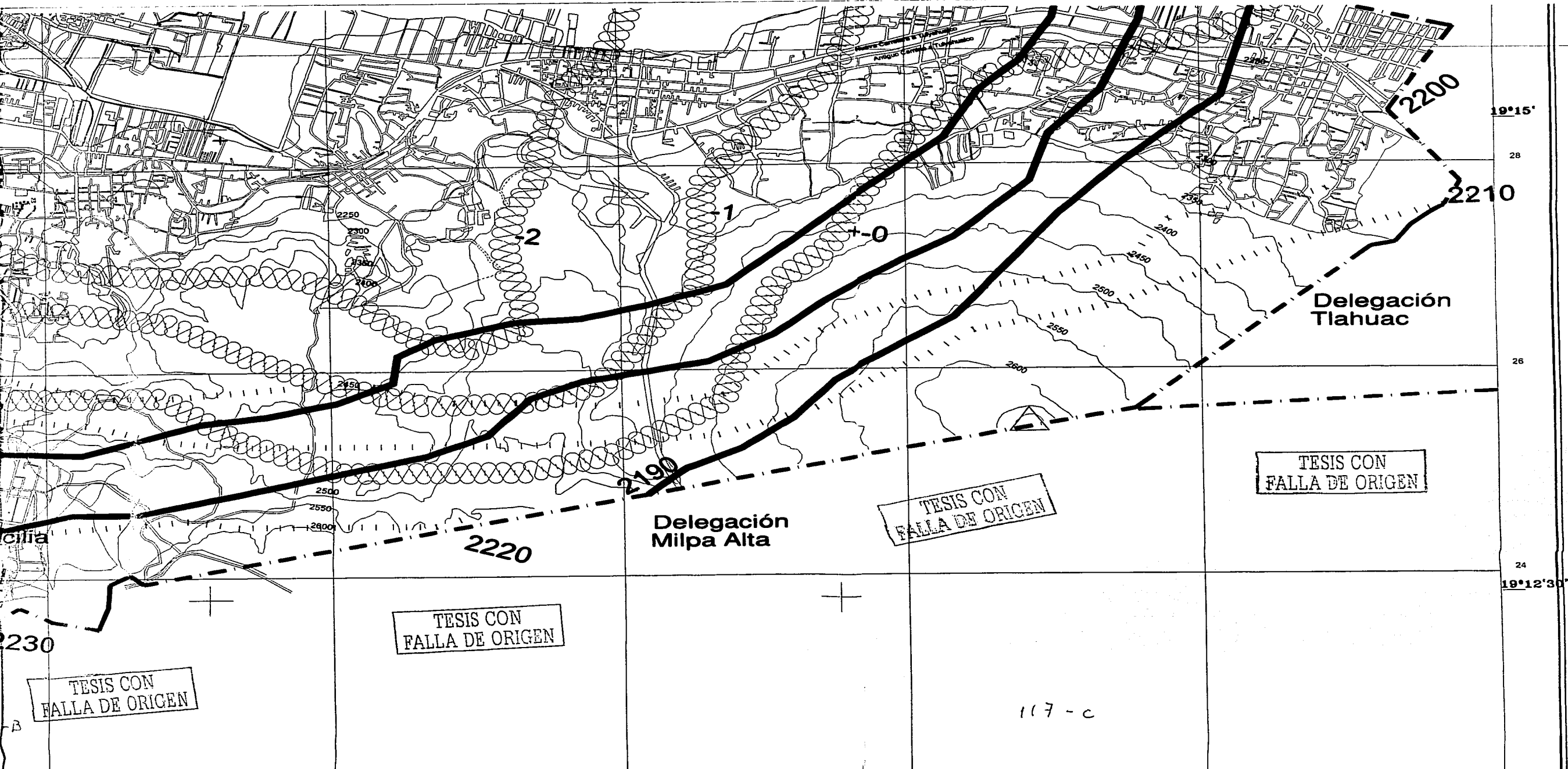
19°12'30"

Topilejo  
Delegación Tlalpan

-2

2220

2230



19°15'

28

26

24

19°12'30"

2200

2210

Delegación Tlahuac

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

Delegación Milpa Alta

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

117 - c

2220

2190

2500

2550

2600

2450

2250

2300

2350

2400

2400

2450

2500

2550

2600

1

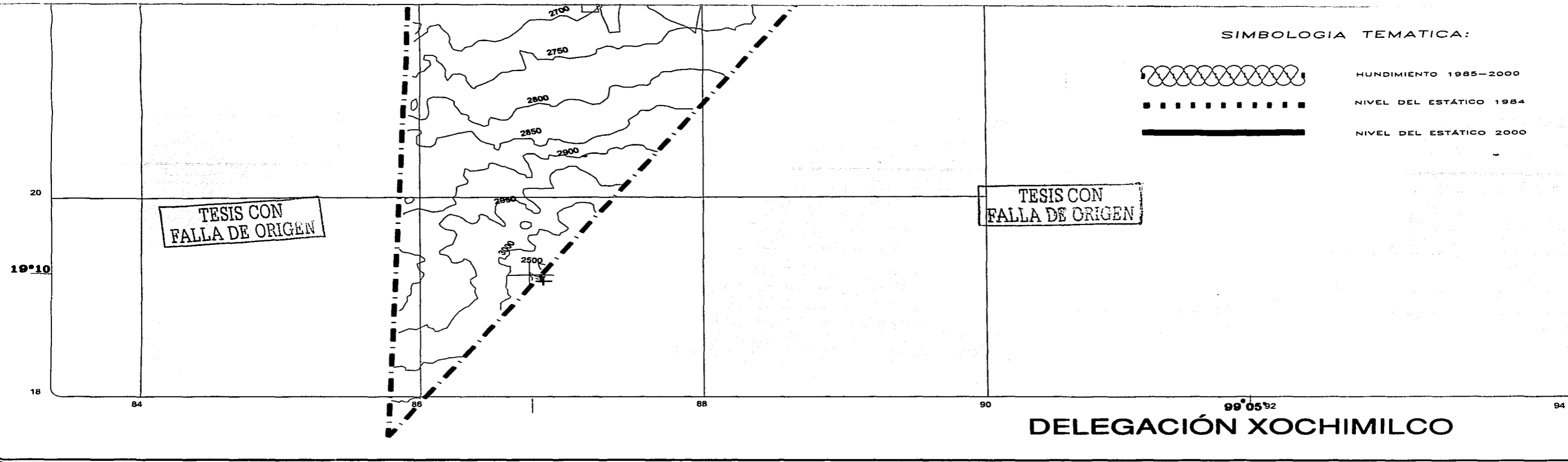
2

+0

2230

2230

B



TESIS DE GRADO DE MAESTRIA EN URBANISMO

DIRECTOR DE TESIS:  
DR. JORGE F. CERVANTES BORJA

SINODALES DOCENTES:  
M.A. ADRIÁN BREÑA GARDUÑO  
M.A. VÍCTOR CHAVEZ OCAMPO  
M.A. HORACIO LANDA CASTAÑEDA  
M.A. HÉCTOR ROBLEDO LARA

CANDIDATO:  
ARQ. RAÚL GÓMEZ DE LEÓN Y CRUCES



UNIVERSIDAD  
NACIONAL  
AUTONOMA DE  
MEXICO  
FACULTAD DE  
ARQUITECTURA  
DIVISION DE  
ESTUDIOS DE  
POSGRADO

EL CRECIMIENTO URBANO, CAMBIOS  
EN LOS USOS DEL SUELO Y EFECTOS  
EN LA HIDROLOGÍA, XOCHIMILCO, D.F.  
DE 1930 A 2000

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

117-D

SIMBOLOGIA TEMATICA:



HUNDIMIENTO 1985-2000



NIVEL DEL ESTÁTICO 1984



NIVEL DEL ESTÁTICO 2000

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

SIMBOLOGIA BASE:

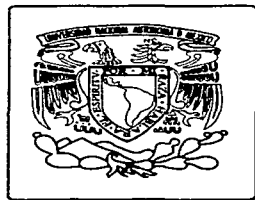
- OROGRAFIA**  
 Cumbre  
 Curvas de nivel equidistantes a 50 m.
- HIDROGRAFIA**  
 Escorrimento superficial  
 Cuerpo de agua
- CAMINOS Y FERROCARRILES**  
 Carretera de mas de dos carriles  
 Carretera pavimentada  
 Terraceria transitable todo el tiempo  
 Brechas  
 Veredas  
 Via sencilla
- AREA URBANA**
- LIMITES**  
 Estatal verificado  
 Delegacional

Escala gráfica 1:25,000      Escala numérica 1:25,000

0   250   500   750   1000   1250   1875   2500

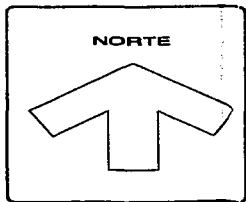


90                                  99° 05' 92                                  94                                  96                                  98                                  20  
**DELEGACIÓN XOCHIMILCO**                                  19° 10'                                  18



URBANISMO  
FORJA  
TIPO  
REDADA  
Y CRUCES  
TESIS CON FALLA DE ORIGEN

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO  
FACULTAD DE ARQUITECTURA  
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO



TESIS CON FALLA DE ORIGEN

TEMA DE LA CARTA:

**HUNDIMIENTO DEL TERRENO Y EVOLUCIÓN DEL NIVEL ESTÁTICO**

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

36 84 86 88 90 92 94

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

POZOS: Fuente. Estudio de Mediciones

Delegación Coyoacan

34

32

30

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

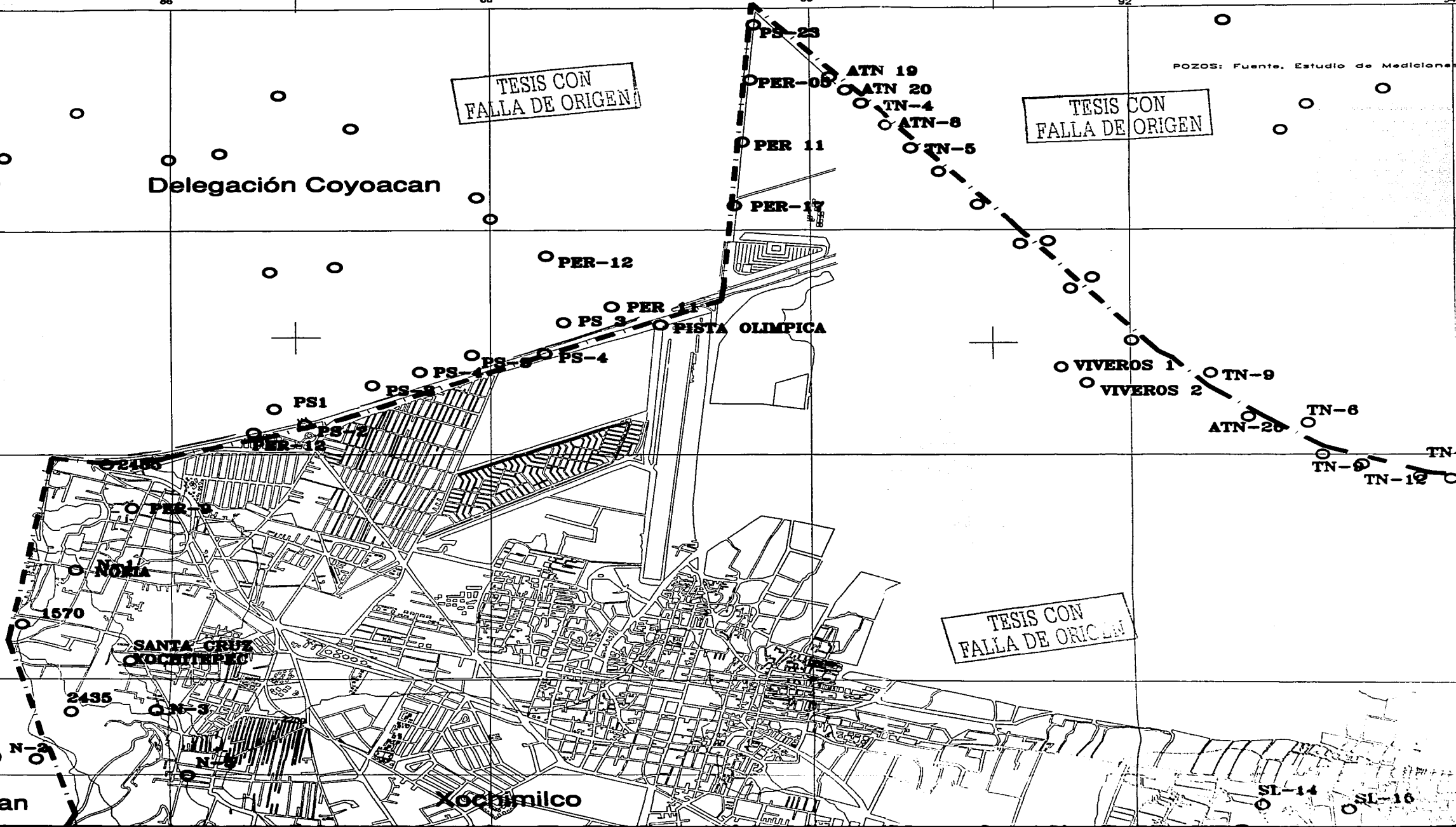
TESIS CON FALLA DE ORIGEN

H. Colegio Militar

Delegación Tlalpan

SANTA CRUZ COCHITTEPEC

Xochimilco



90 92 94 96 87 89 23

POZOS: Fuente. Estudio de Mediciones en la Red de Pozos Piloto, Lessor y Asociados, 2000. contrato DGCOH. 0-07-CO-04-02-0328

ER-05  
ER 11  
ER-17

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

MPICA

VIVEROS 1  
VIVEROS 2

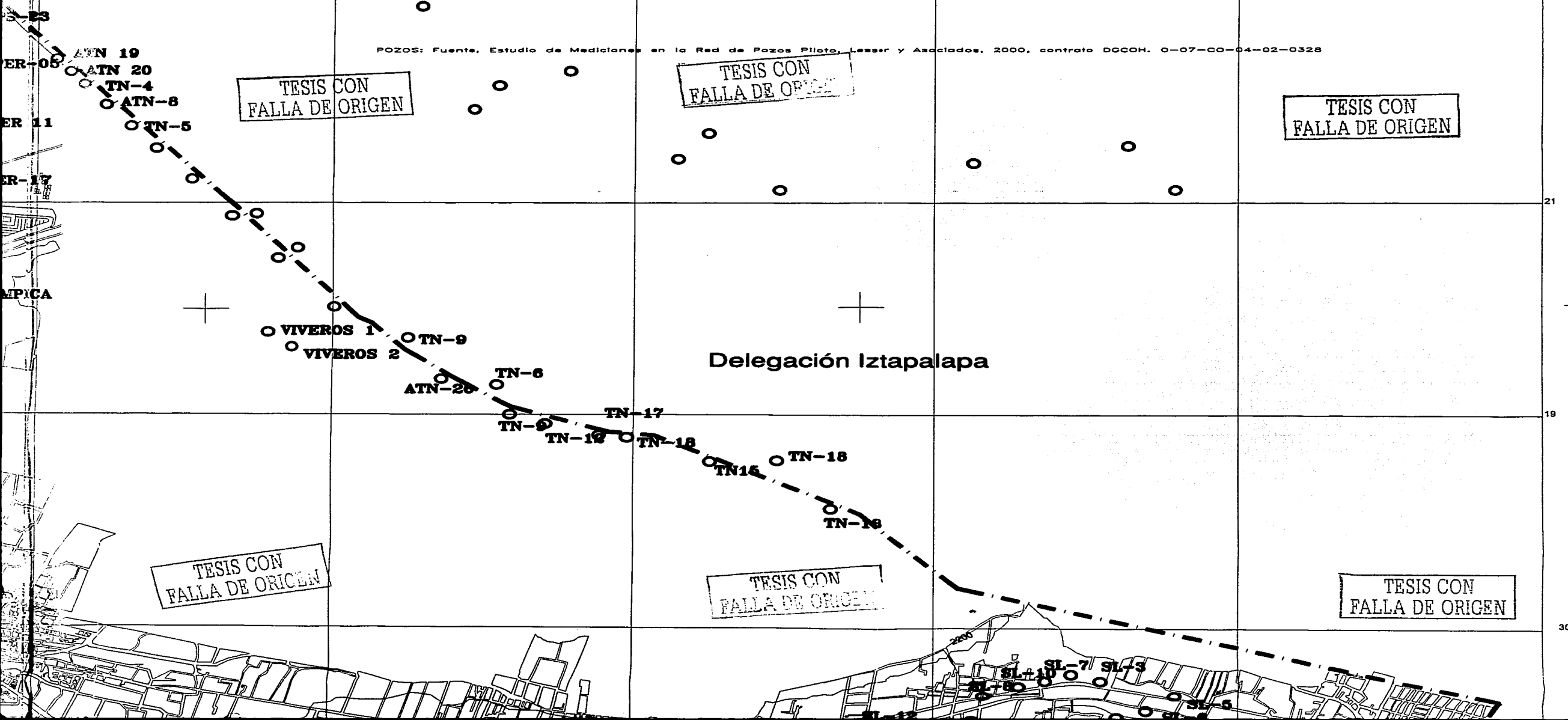
Delegación Iztapalapa

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

19 30



30  
28  
26  
24

FALLA DE ORIGEN

H. Colegio Militar

Delegación Tlalpan

Lomas de Cuautecan

Plan de Ayala

Topilejo

Delegación Tlalpan

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

2435

ON-3

N-2

N-4

PANTEON SAN LUCAS

Santiago Tepicatlalpan

REC. SUR 1

REC. SUR 2

S-4

S-2

2350

2300

2400

2450

2500

2550

2600

2650

2700

2750

2800

2850

2900

2950

3000

SAN LUCAS XOCHIMANCA

REC. SUR 1

REC. SUR 2

S-4

S-2

2350

2300

2400

2450

2500

2550

2600

2650

2700

2750

2800

Xochimilco

SAN LORENZO ATEMOAYA

SAN LUCAS XOCHIMANCA

NATIVITAS

NATIVITAS 2

NATIVITAS 3

SAN LORENZO ATEMOAYA

San Mateo

San Andres

2400

2450

2500

2550

2600

2650

2700

2750

2800

2850

2900

2950

SL-20

SL-19

San Lucas Xochimanca

NATIVITAS

NATIVITAS 2

NATIVITAS 3

San Lorenzo Ateмоaya

San Mateo

San Andres

2400

2450

2500

2550

2600

2650

2700

2750

2800

2850

2900

2950

3000

3050

3100

3150

3200

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

Camino San Bartolo Xicomulco

SL-14

SL-16

SL-18

SANTA CRUZ ACALPXCA 1

SA OAC

2250

2300

2350

2400

2450

2500

2550

2600

2650

2700

2750

2800

2850

2900

2950

3000

3050

3100

3150

3200

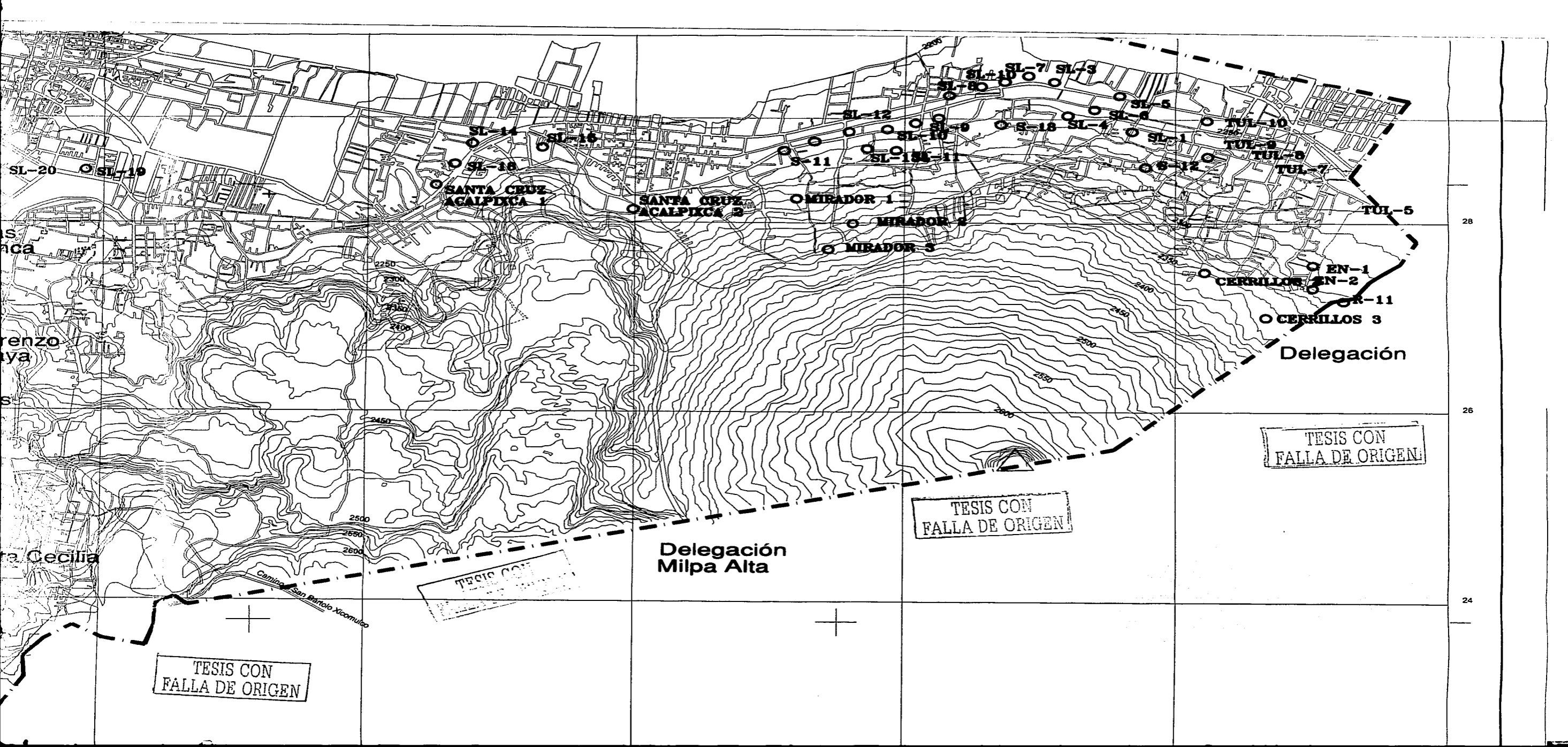
3250

3300

TESIS CON

FALLA DE ORIGEN





TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Delegación  
Milpa Alta

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Delegación

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Camino San Bartolo Xicomulco

SANTA CRUZ  
ACALPIXCA 1

SANTA CRUZ  
ACALPIXCA 2

MIRADOR 1

MIRADOR 2

MIRADOR 3

CERRILLOS 1

CERRILLOS 2

CERRILLOS 3

CR-11

TUL-5

TUL-6

TUL-7

TUL-8

TUL-9

TUL-10

SL-1

SL-2

SL-3

SL-4

SL-5

SL-6

SL-7

SL-8

SL-9

SL-10

SL-11

SL-12

SL-13

SL-14

SL-15

SL-16

SL-17

SL-18

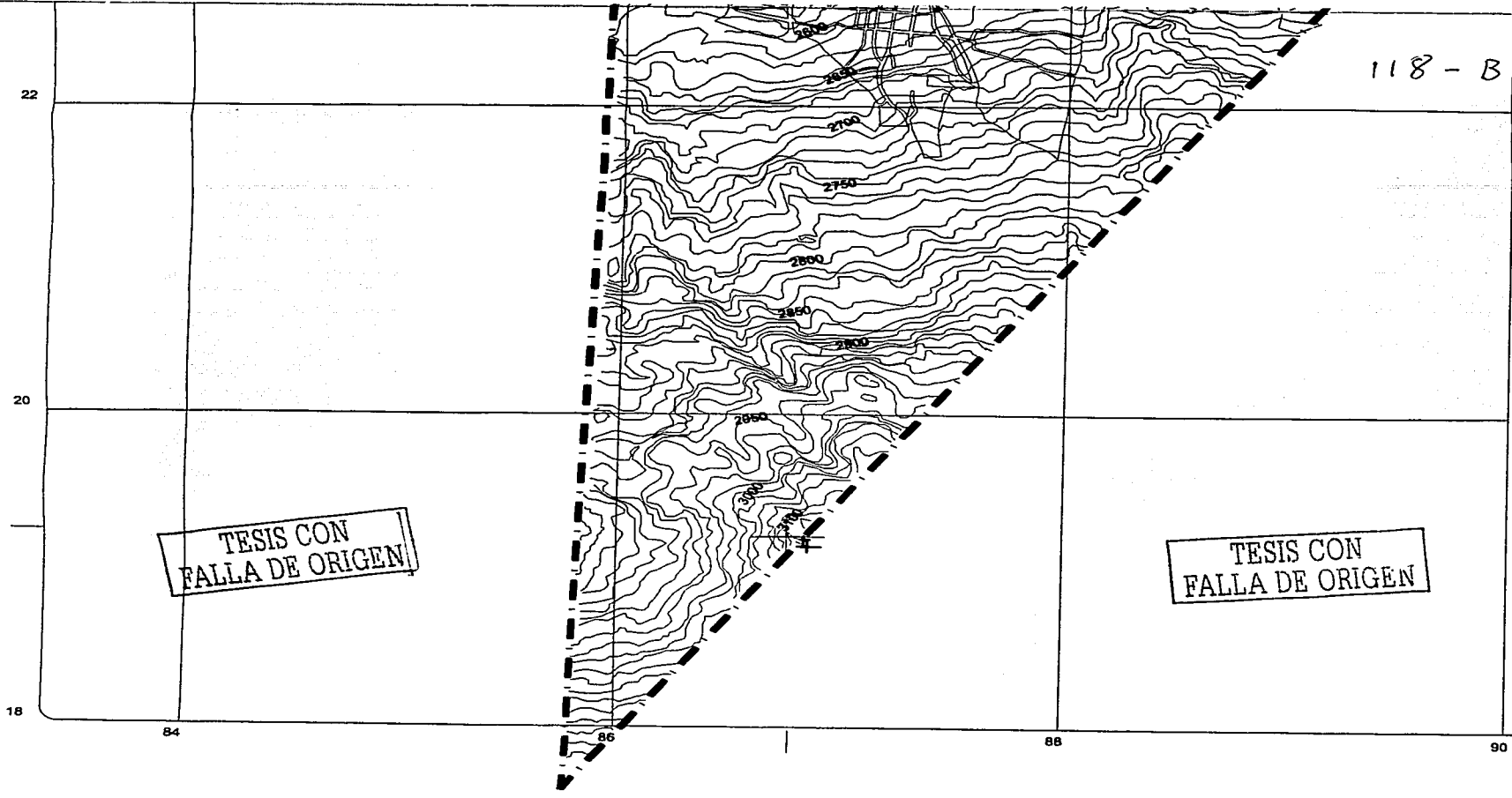
SL-19

SL-20

28

26

24



118-B

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

SIMBOLOGIA TEMATICA:

o Pozo de extracción

DELEGACIÓN XOCHIMILCO

TESIS DE GRADO DE MAESTRIA EN URBANISMO

DIRECTOR DE TESIS:  
DR. JORGE F. CERVANTES BORJA

SINODALES DOCENTES:  
M.A. ADRIÁN BREÑA GARDUÑO  
M.A. VÍCTOR CHAVEZ OCAMPO  
M.A. HORACIO LANDA CASTAÑEDA  
M.A. HÉCTOR ROBLEDO LARA

CANDIDATO:  
ARQ. RAÚL GÓMEZ DE LEÓN Y CRUCES

EL CRECIMIENTO URBANO, CAMBIOS  
EN LOS USOS DEL SUELO Y EFECTOS  
EN LA HIDROLOGÍA, XOCHIMILCO, D.F.  
DE 1930 A 2000



UNIVERSIDAD  
NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MEXICO  
FACULTAD DE  
ARQUITECTURA  
DIVISION DE  
ESTUDIOS DE  
POSGRADO

118 - C

22

SIMBOLOGIA TEMATICA:

o Pozo de extracción

SIMBOLOGIA BASE:

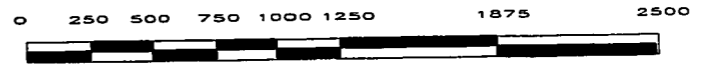
- ▲ OROGRAFIA
  - Cumbre
  - Curvas de nivel equidistantes a 50 m.
- HIDROGRAFIA
  - Escorrentimiento superficial
  - Cuerpo de agua
- CAMINOS Y FERROCARRILES
  - Carretera de mas de dos carriles
  - Carretera pavimentada
  - Terraceria transitable todo el tiempo
  - Brechas
  - Veredas
  - Via sencilla
- ▢ AREA URBANA
- LIMITES
  - Estatal verificado
  - Delegacional

20

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

Escala gráfica 1:25,000      Escala numérica 1:25,000

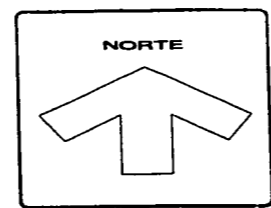


18

90 92 94 96 98 DELEGACIÓN XOCHIMILCO



UNIVERSIDAD  
NACIONAL  
AUTONOMA DE  
MEXICO  
FACULTAD DE  
ARQUITECTURA  
DIVISION DE  
ESTUDIOS DE  
POSGRADO



NORTE

TEMA DE LA CARTA:

UBICACIÓN DE POZOS

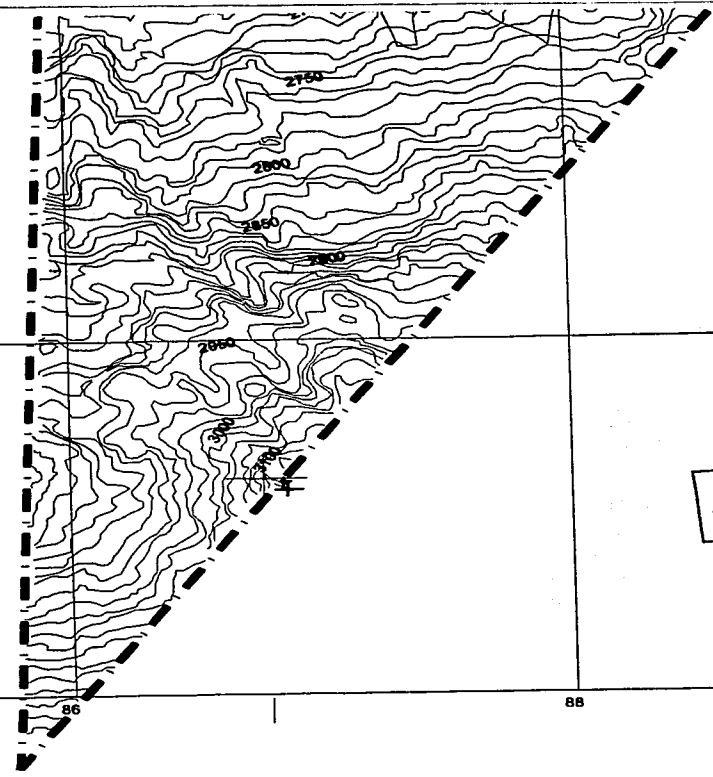
o Pozo de extracción

20

18

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

TESIS CON FALLA DE ORIGEN



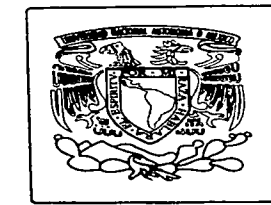
DELEGACIÓN XOCHIMILCO

TESIS DE GRADO DE MAESTRIA EN URBANISMO

DIRECTOR DE TESIS:  
 DR. JORGE F. CERVANTES BORJA

SINODALES DOCENTES:  
 M.A. ADRIÁN BREÑA GARDUÑO  
 M.A. VÍCTOR CHAVEZ OCAMPO  
 M.A. HORACIO LANDA CASTAÑEDA  
 M.A. HÉCTOR ROBLEDO LARA

CANDIDATO:  
 ARQ. RAÚL GÓMEZ DE LEÓN Y CRUCES



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO  
 FACULTAD DE ARQUITECTURA  
 DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO

EL CRECIMIENTO URBANO, CAMBIOS EN LOS USOS DEL SUELO Y EFECTOS EN LA HIDROLOGÍA, XOCHIMILCO, D.F. DE 1930 A 2000

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

118-D

SIMBOLOGIA TEMATICA:

o Pozo de extracción

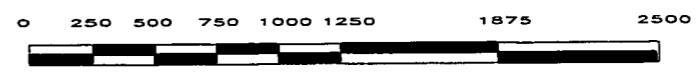
TESIS CON FALLA DE ORIGEN

SIMBOLOGIA BASE:

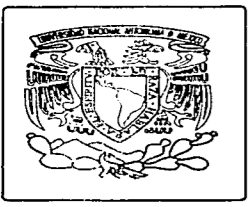
- OROGRAFIA
  - Cumbre
  - Curvas de nivel equidistantes a 50 m.
- HIDROGRAFIA
  - Escorrentimiento superficial
  - Cuerpo de agua
- CAMINOS Y FERROCARRILES
  - Carretera de mas de dos carriles
  - Carretera pavimentada
  - Terraceria transitable todo el tiempo
  - Brechas
  - Veredas
  - Via sencilla
- AREA URBANA
- LIMITES
  - Estatal verificado
  - Delegacional

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

Escala gráfica 1:25,000      Escala numérica 1:25,000

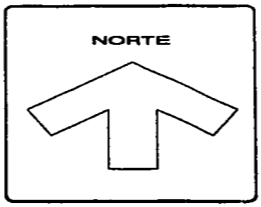


DELEGACIÓN XOCHIMILCO



UNIVERSIDAD  
NACIONAL  
AUTONOMA DE  
MEXICO  
FACULTAD DE  
ARQUITECTURA  
DIVISION DE  
ESTUDIOS DE  
POSGRADO

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

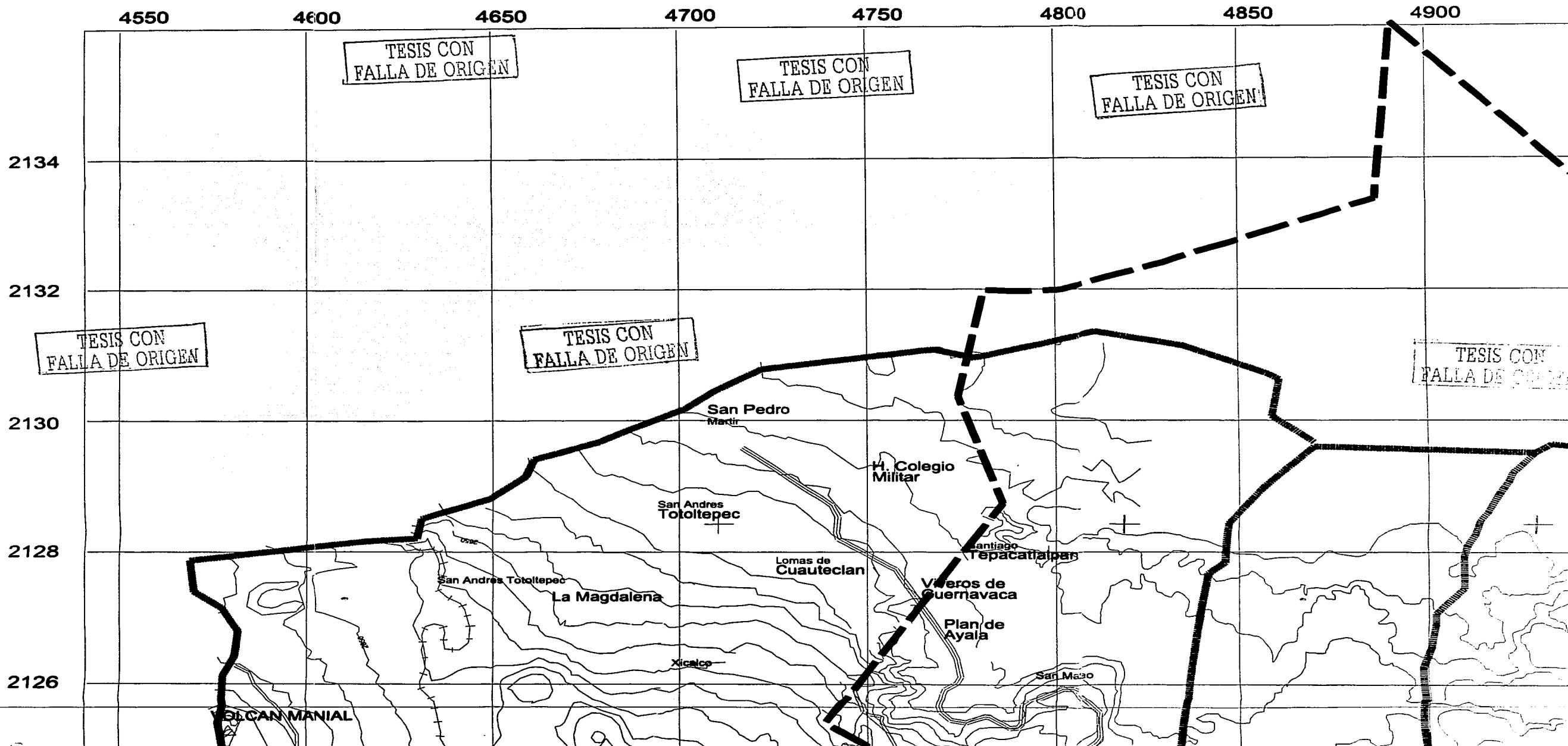


TEMA DE LA CARTA:

UBICACIÓN DE POZOS

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

118-E



0 4800 4850 4900 4950 5000 5050 5100 5150

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

Limite delegacional

2134

2132

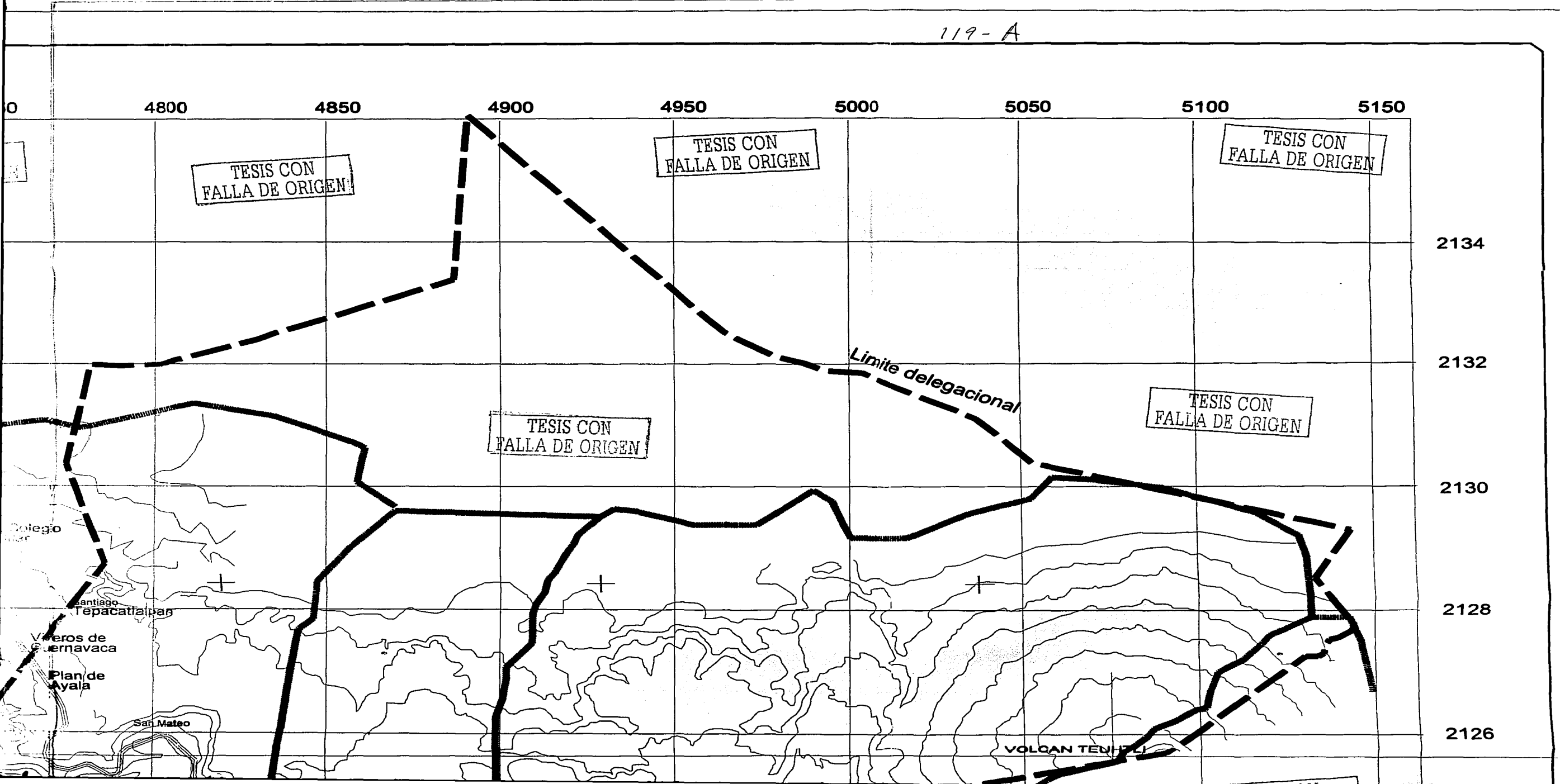
2130

2128

2126

Colegio  
Santiago  
Tepacatlapan  
Verros de Cuernavaca  
Plan de Ayala  
San Mateo

VOLCAN TENI...LI



2124

2122

2120

2118

2116

2114

VOLCAN MANIAL

VOLCAN YODOLICA

VOLCAN OYAMEYO

Topilejo

San Francisco

V. TETZALCOATL

San Juan

V. VIQUICOPAYES

C. MIZONTEPEC

AREA DE INFILTRACION

4900

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

119-B TESIS CON FALLA DE ORIGEN

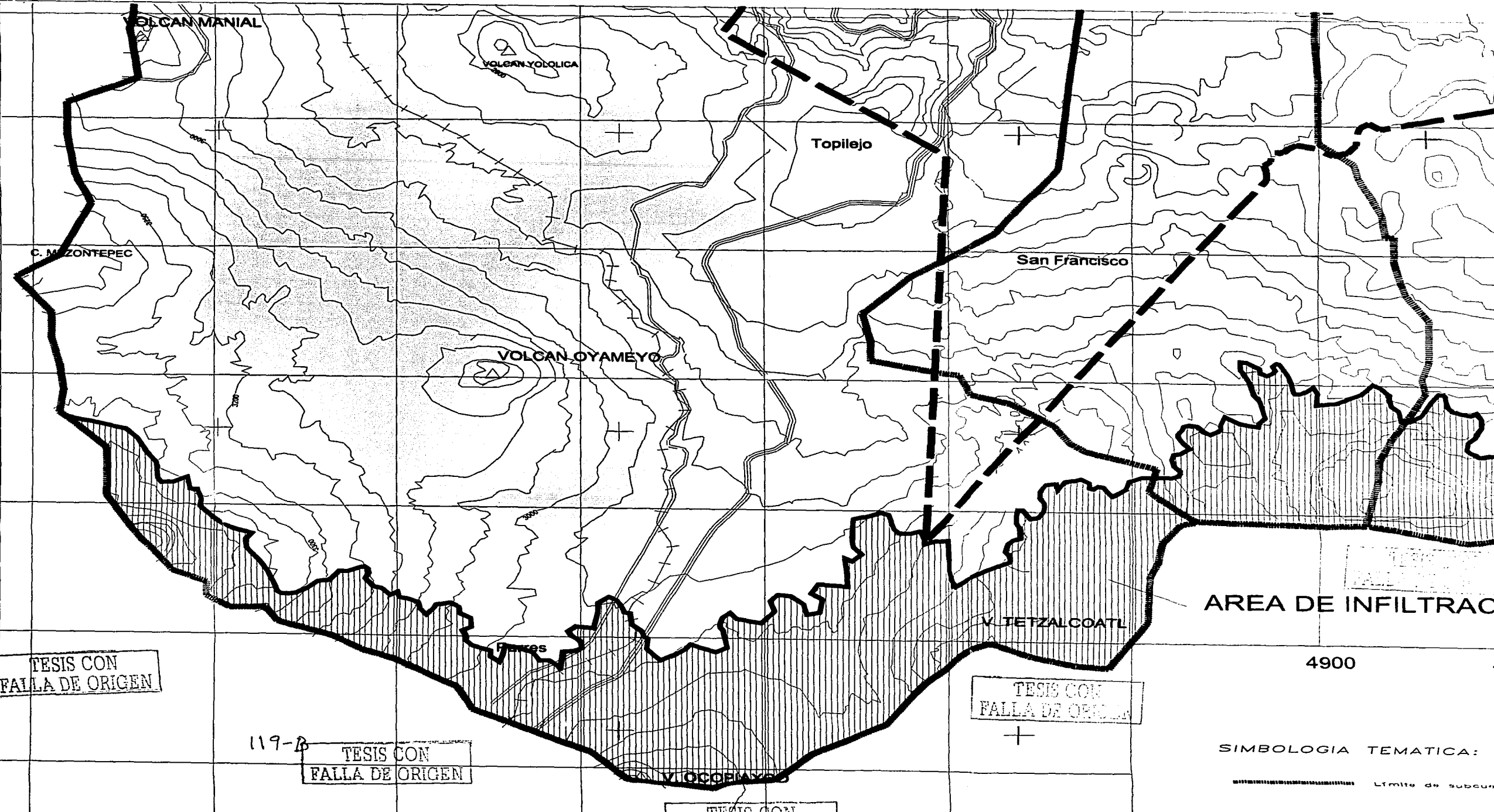
TESIS CON FALLA DE ORIGEN

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

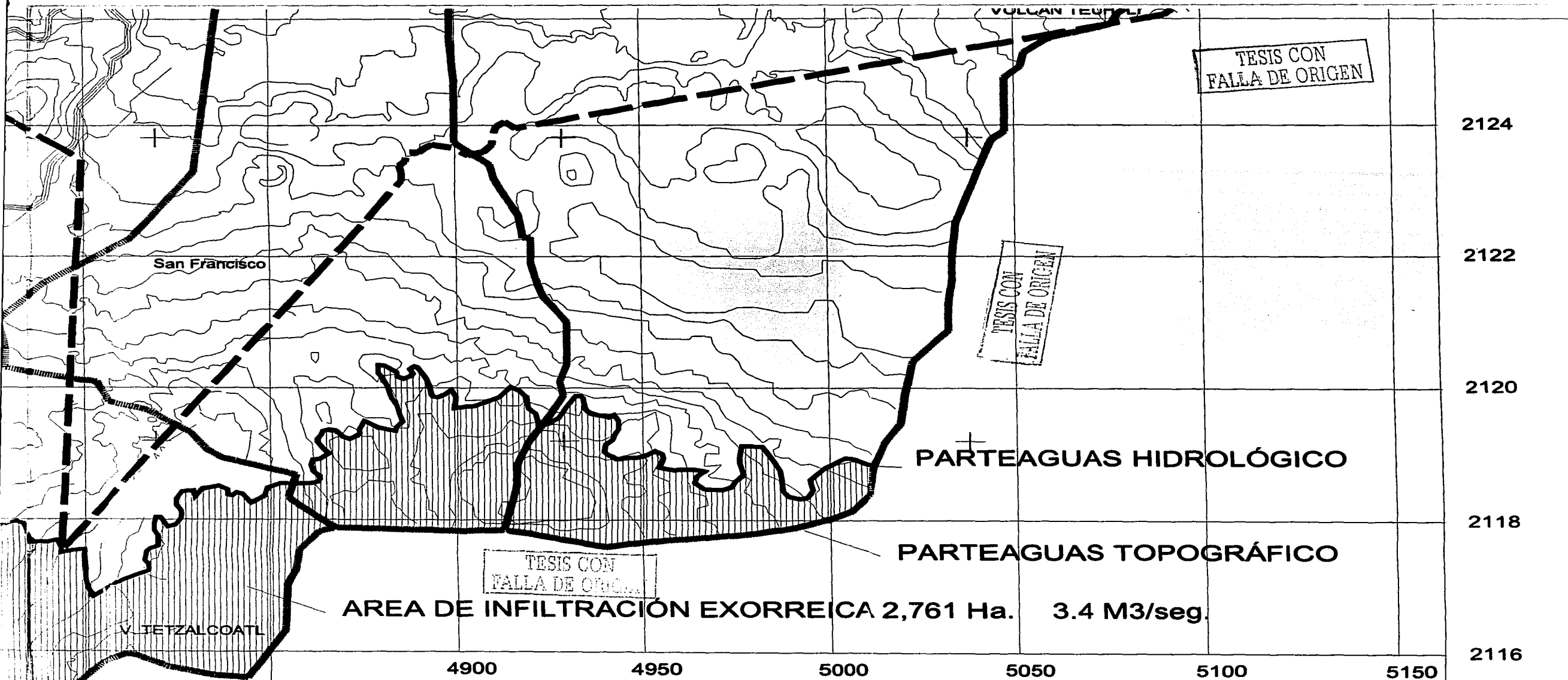
SIMBOLOGIA TEMATICA:

----- Límite de subcuencas

----- Posición de partes











AREA DE INFILTRACION EXORREICA 2,761 Ha. 3.4 M3/seg.

SIMBOLOGIA TEMATICA:

-  Límite de subcuenca
-  Posición de parteaguas hidrológico

119-C SIMBOLOGIA BASE:

-  OROGRAFIA
- Cumbre
- Curvas de nivel equidistantes a 50 m.
-  HIDROGRAFIA
- Escorrentamiento superficial

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

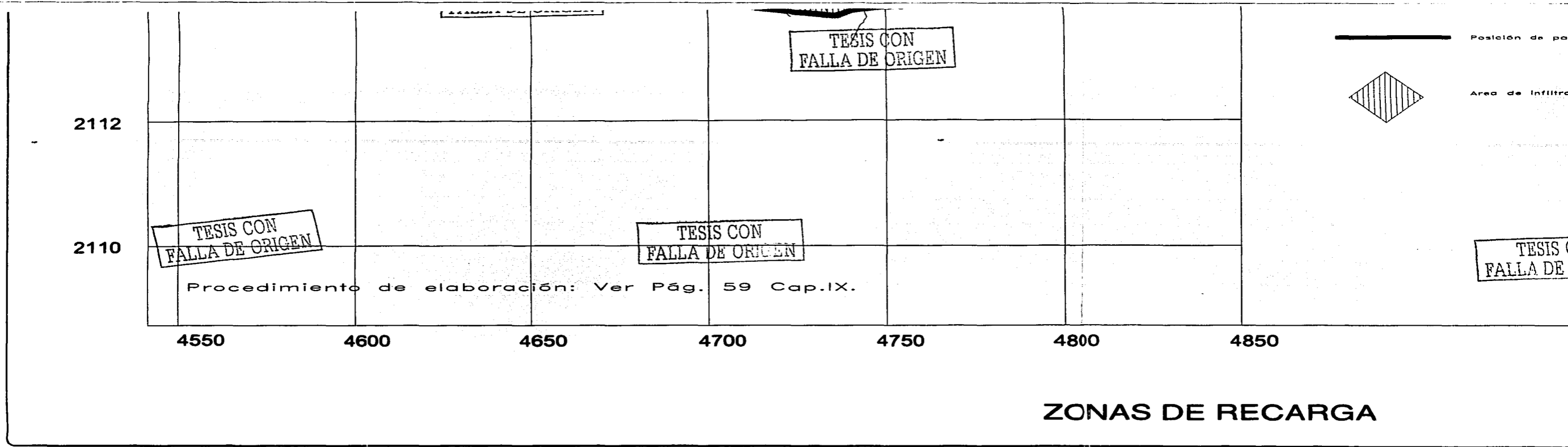
TESIS CON FALLA DE ORIGEN

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

2124  
2122  
2120  
2118  
2116

4900 4950 5000 5050 5100 5150



TESIS DE GRADO DE MAESTRIA EN URBANISMO

DIRECTOR DE TESIS:  
DR. JORGE F. CERVANTES BORJA

SINODALES DOCENTES:  
M.A. ADRIÁN BREÑA GARDUÑO  
M.A. VÍCTOR CHAVEZ OCAMPO  
M.A. HORACIO LANDA CASTAÑEDA  
M.A. HÉCTOR ROBLEDO LARA

CANDIDATO:  
ARQ. RAÚL GÓMEZ DE LEÓN Y CRUCES

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO  
FACULTAD DE ARQUITECTURA  
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO

EL CRECIMIENTO URBANO, CAMBIOS EN LOS USOS DEL SUELO Y EFECTOS EN LA HIDROLOGÍA, XOCHIMILCO, D.F. DE 1930 A 2000

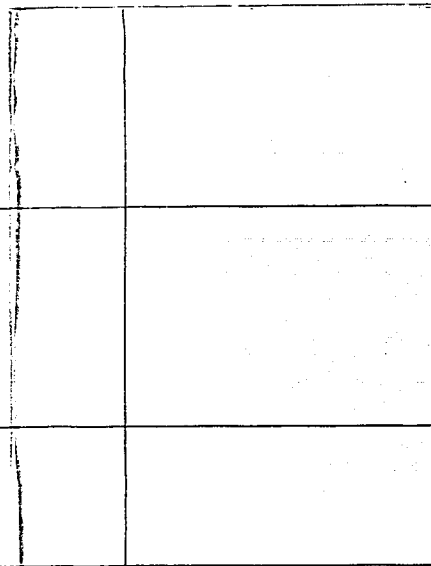
TESIS CON FALLA DE ORIGEN

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

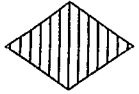
TESIS CON FALLA DE ORIGEN

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

119-D



Posición de parteaguas hidrológico



Area de infiltración exorreica

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

- Cumbre
- Curvas de nivel equidistantes a 50 m.
- HIDROGRAFIA**
- Escurrimiento superficial
- Cuerpo de agua
- CAMINOS Y FERROCARRILES**
- Carretera de mas de dos carriles
- Carretera pavimentada
- Terraceria transitable todo el tiempo
- Brechas
- Veredas
- Via senallita
- AREA URBANA
- LIMITES**
- Estatal verificado
- Delegacional

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

Escała gráfica 1:40,000      Escała numérica 1:40,000  
 0 250 500 750 1000 1250 1875 2500

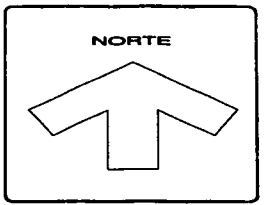
4800                      4850

**ZONAS DE RECARGA**



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO  
 FACULTAD DE ARQUITECTURA  
 DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO

TESIS CON FALLA DE ORIGEN



TESIS CON FALLA DE ORIGEN

TEMA DE LA CARTA:

**PARTEAGUAS HIDROLÓGICO**

119-E

4550 4600 4650 4700 4750 4800 4850 4900

2134

2132

2130

2128

2126

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

Delegación Coyoacán

200

300

1930 has.

8,766 has.

Limite delegacional

San Pedro Martir

H. Colegio Militar

San Andres Totoltepec

Lomas de Cuautecan

Santiago Tepacatlapan

San Andres Totoltepec

La Magdalena

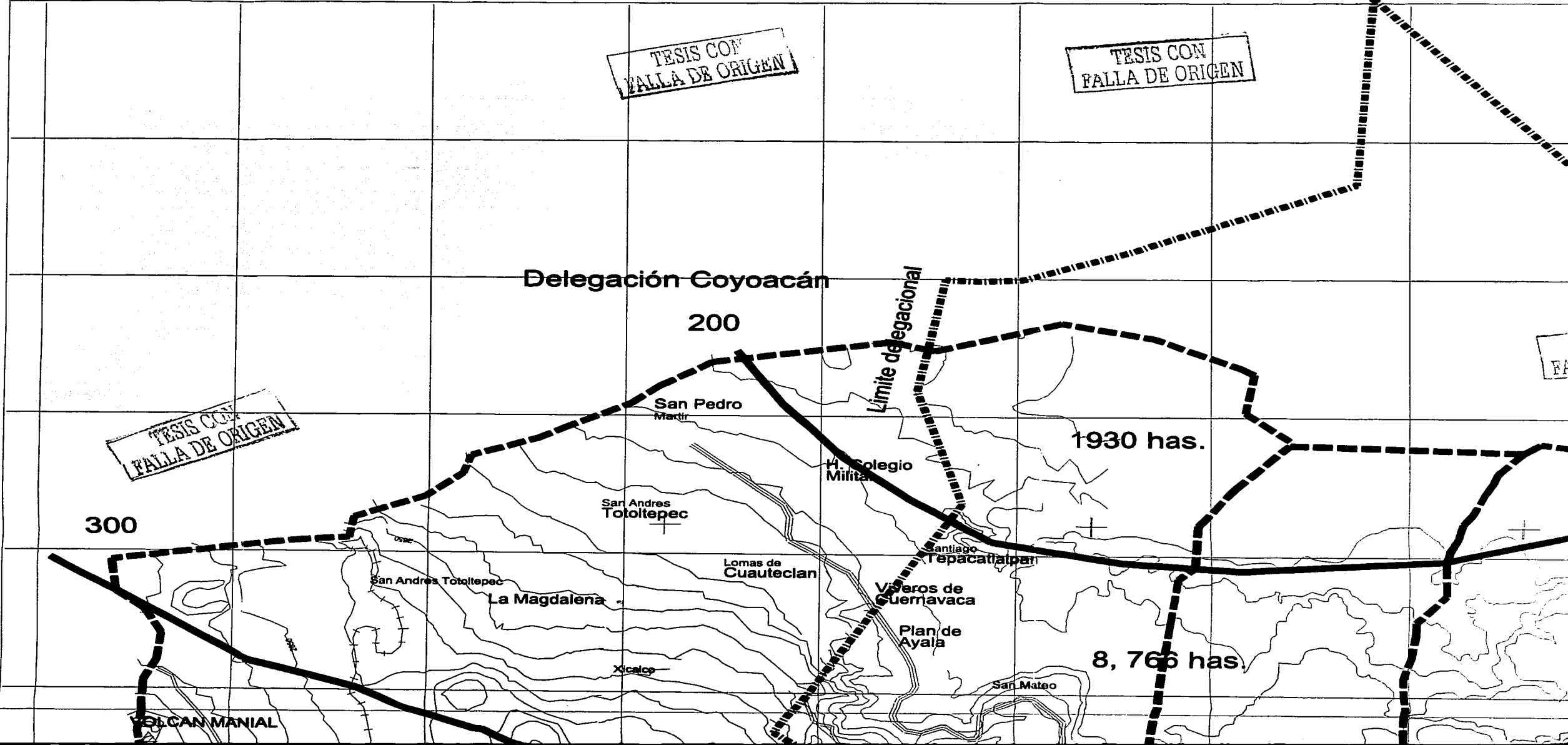
Viveros de Cuernavaca

Plan de Ayala

Xicalco

San Mateo

VOLCAN MANIAL



4800 4850 4900 4950 5000 5050 5100 5150

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

Limite delegacional

Delegación Iztapalapa

2134

2132

2130

2128

2126

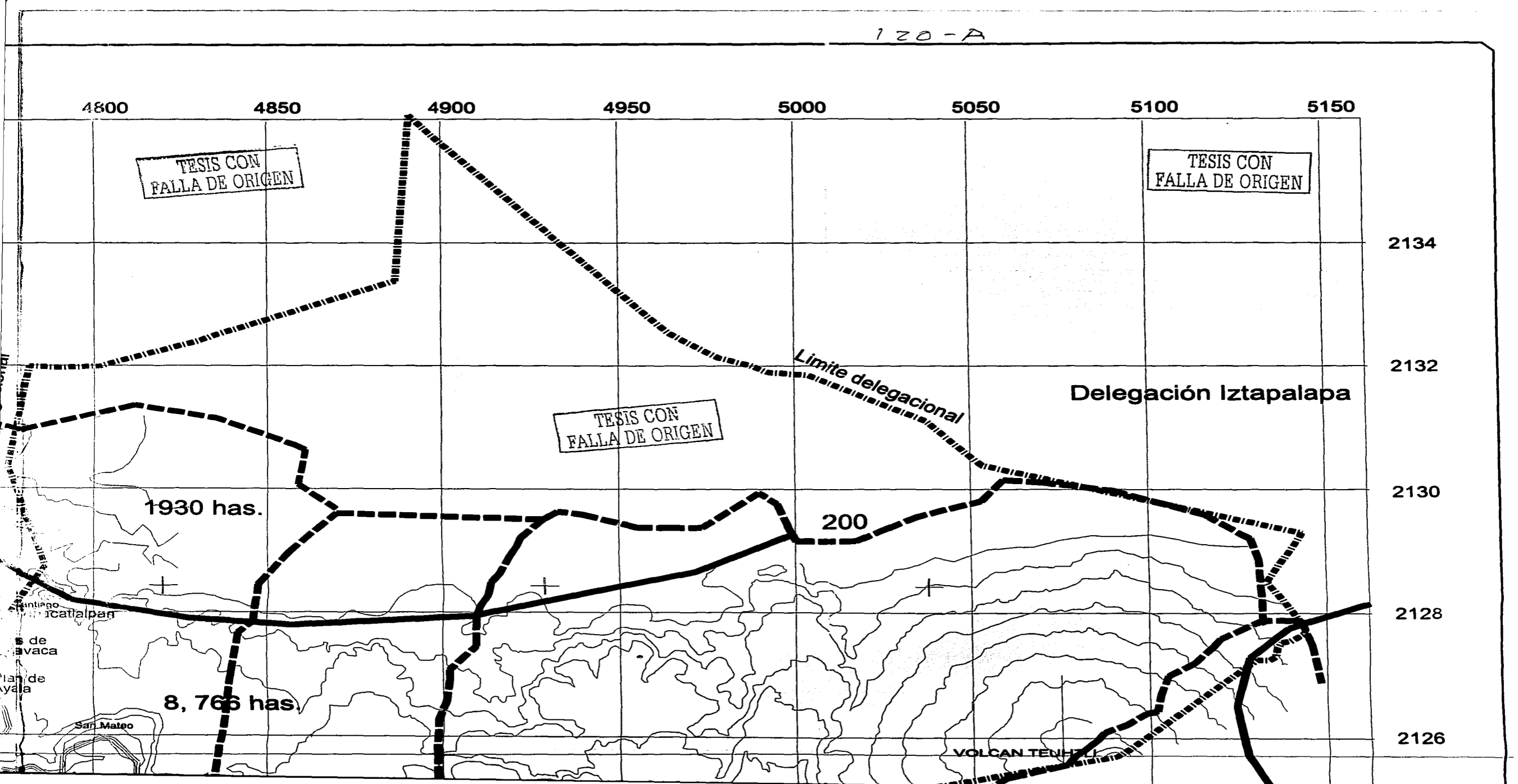
1930 has.

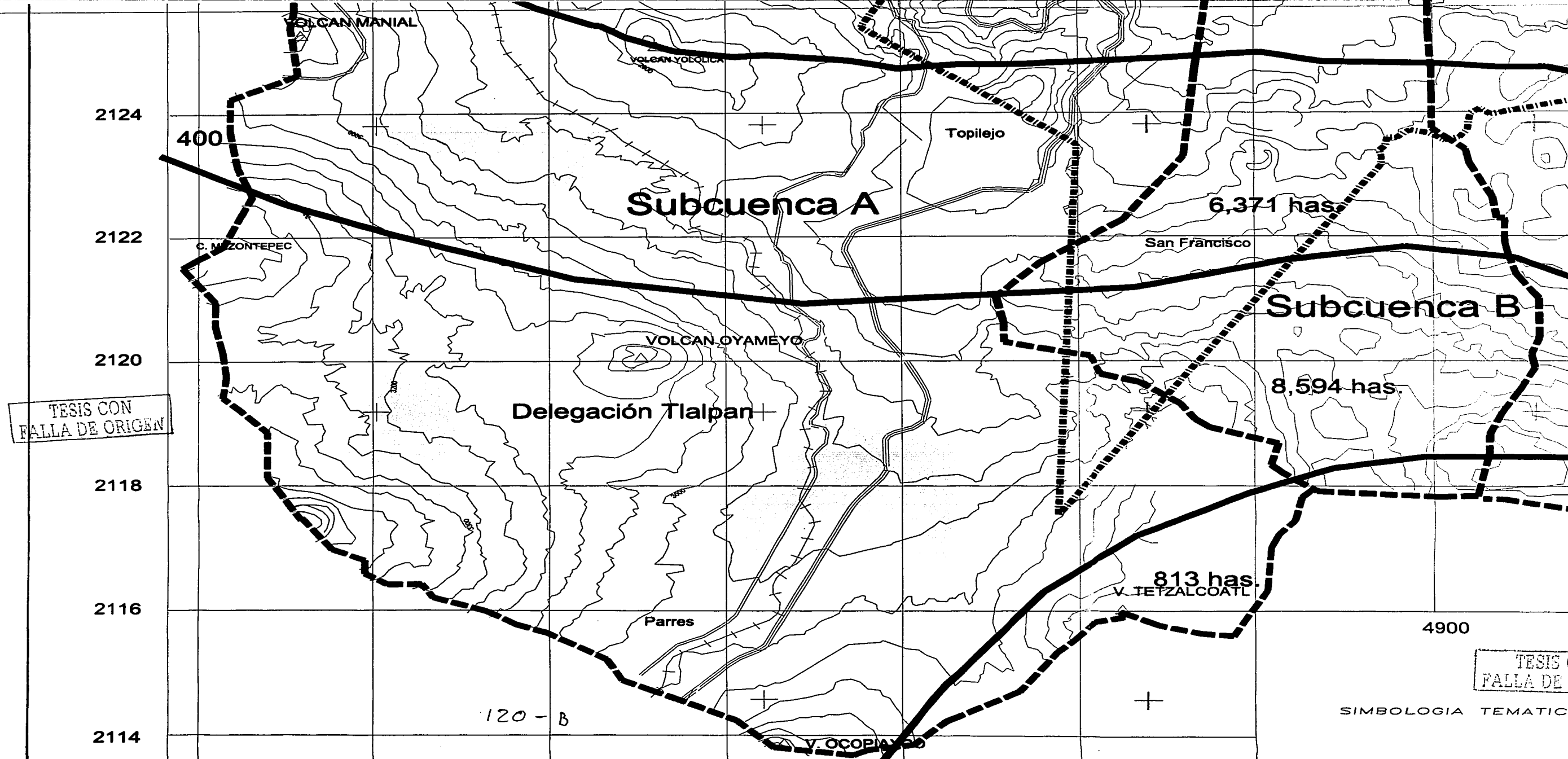
200

8,766 has.

San Mateo  
Plan de Ayala  
de Avaca  
Santiago Ixcatlapan

VOLCAN TENHUI





TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

TESIS C  
FALLA DE O

SIMBOLOGIA TEMATICA

VOLCAN MANIAL

VOLCAN YOLOLICA

Topilejo

Subcuenca A

6,371 has.

C. M. ZONTEPEC

San Francisco

Subcuenca B

VOLCAN OYAMEYO

8,594 has.

Delegación Tlalpan

813 has.  
V. TETZALCOATL

Parres

4900

120 - B

V. OCOPIANGO

2124

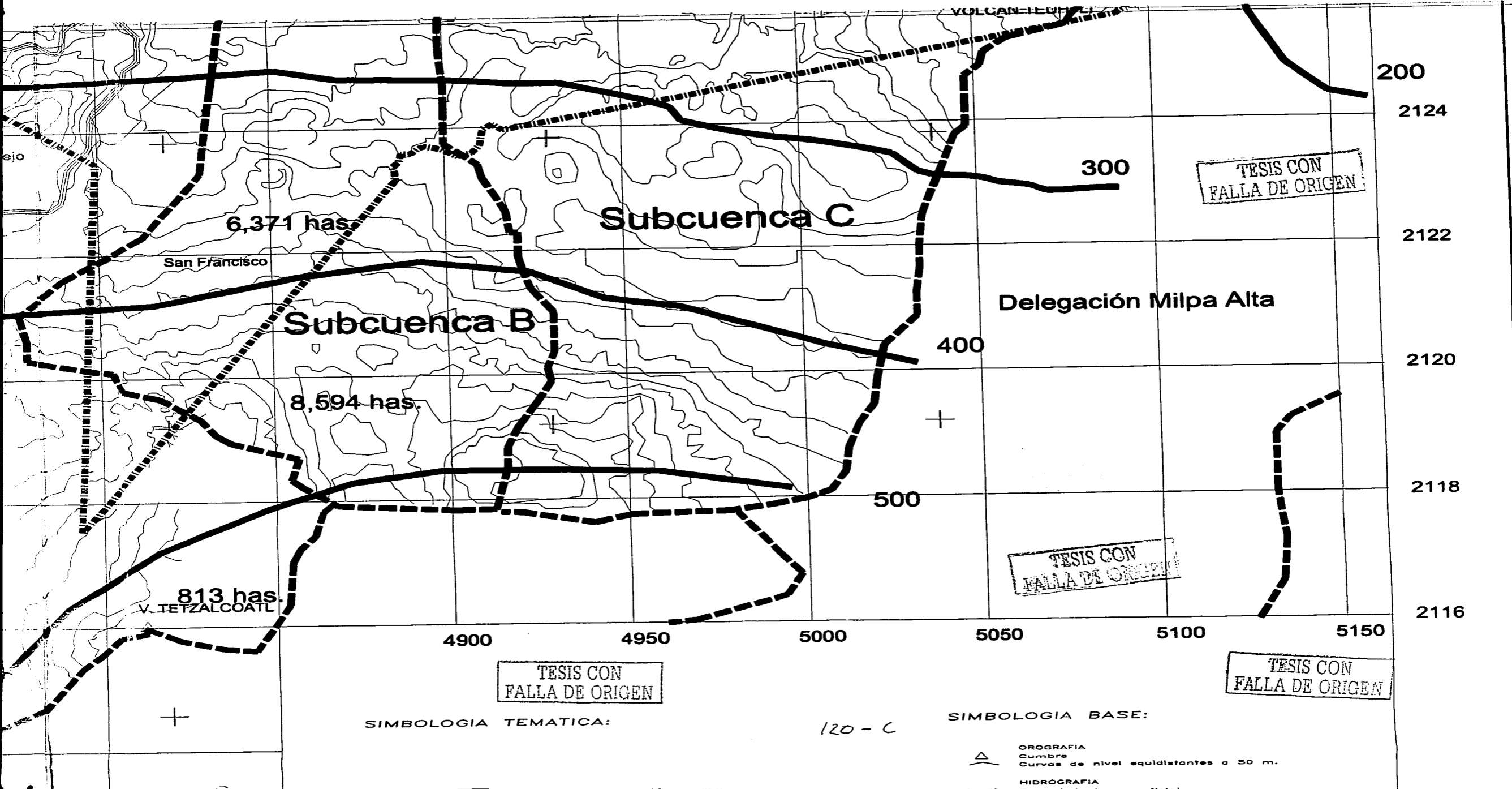
2122

2120

2118

2116

2114



6,371 has.

Subcuenca C

Subcuenca B

8,594 has.

813 has.  
V. TETZALCOATL

Delegación Milpa Alta

VOLCAN TETZALCOATL

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

SIMBOLOGIA TEMATICA:

120 - C

SIMBOLOGIA BASE:

OROGRAFIA  
Cumbre  
Curvas de nivel equidistantes a 50 m.

HIDROGRAFIA  
Escurrimiento superficial

200

2124

2122

2120

2118

2116

4900

4950

5000

5050

5100

5150

300

400

500

San Francisco

ejo

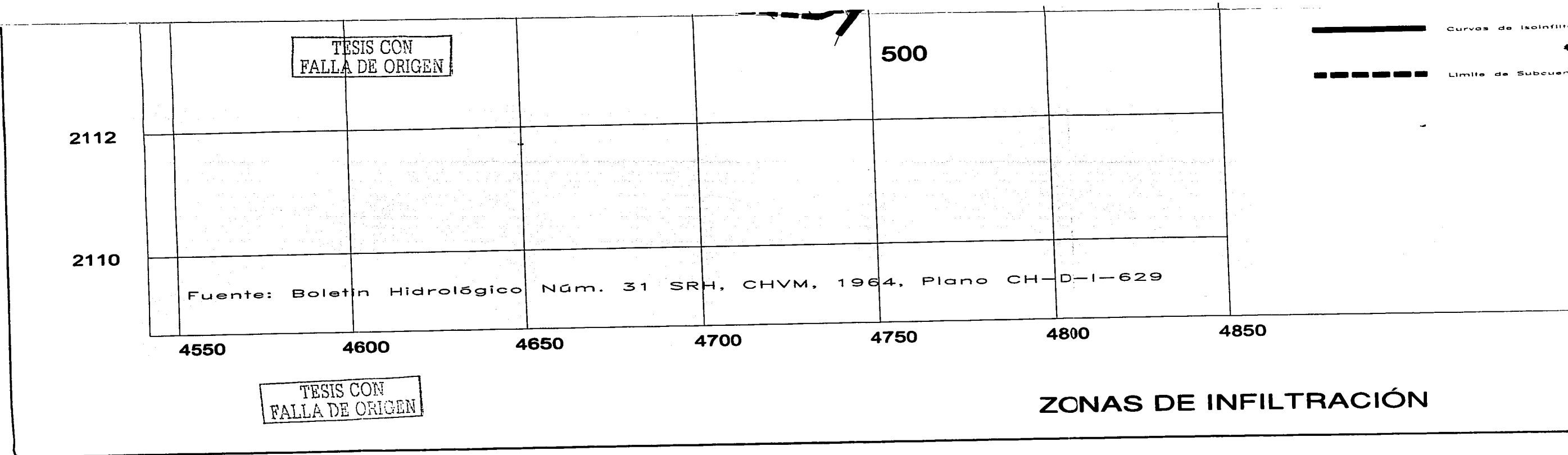
+

+

+

+

+



TESIS DE GRADO DE MAESTRIA EN URBANISMO

DIRECTOR DE TESIS:

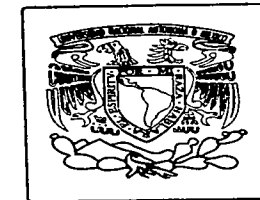
DR. JORGE F. CERVANTES BORJA

SINODALES DOCENTES:

M.A. ADRIÁN BREÑA GARDUÑO  
M.A. VÍCTOR CHAVEZ OCAMPO  
M.A. HORACIO LANDA CASTAÑEDA  
M.A. HÉCTOR ROBLEDO LARA

CANDIDATO:

ARQ. RAÚL GÓMEZ DE LEÓN Y CRUCES



UNIVERSIDAD  
NACIONAL  
AUTONOMA DE  
MEXICO  
FACULTAD DE  
ARQUITECTURA  
DIVISION DE  
ESTUDIOS DE  
POSGRADO

EL CRECIMIENTO URBANO, CAMBIOS  
EN LOS USOS DEL SUELO Y EFECTOS  
EN LA HIDROLOGÍA, XOCHIMILCO, D.F.  
DE 1930 A 2000

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

120-D

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



Curvas de Isoinfiltración en mm.

Limite de Subcuenca

Cumbre  
Curvas de nivel equidistantes a 50 m.

HIDROGRAFIA  
E scorrimiento superficial  
Cuerpo de agua

CAMINOS Y FERROCARRILES  
Carretera de mas de dos carriles  
Carretera pavimentada  
Trazo de tierra transitable todo el tiempo  
Brechas  
Veredas  
Via sencilla

AREA URBANA

LIMITES  
Estatal verificado  
Delegacional

Escala gráfica 1:40,000      Escala numérica 1:40,000

0    500 1000    1875    2500  
250    750 1250



CH-D-I-629

4800

4850

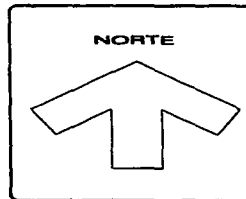
TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

# ZONAS DE INFILTRACIÓN



UNIVERSIDAD  
NACIONAL  
AUTONOMA DE  
MEXICO  
FACULTAD DE  
ARQUITECTURA  
DIVISION DE  
ESTUDIOS DE  
POSGRADO

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



TEMA DE LA CARTA:

# CURVAS DE ISOINFILTRACIÓN

120 - E

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN