

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO  
FACULTAD DE FILOSOFIA Y LETRAS  
DIVISION DE POSTGRADO  
COLEGIO DE GEOGRAFIA

01060  
tes.  
1  
1983

**TESIS DONADA POR  
D. G. B. - UNAM**

EVOLUCION DE LOS VALLES LACUSTRES DE LA ALTIPLANICIE MEXICANA:  
ESTUDIO DE DOS LAGOS: TEXCOCO Y CHAPALA

Tesis presentada para obtener el grado de  
Maestra en Geografia  
*(Planearcion)*  
por  
CORNELIA S. GAUBEGA



Instituto de Geografía

INSTITUTO DE FILOSOFIA Y LETRAS  
ESTUDIOS SUPERIORES



MEXICO, D.F.

1 9 8 3

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**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.

"Ningún hombre es una isla", incluso en medio de un trabajo sobre las aguas de un lago. Deseo expresar mi reconocimiento y gratitud a los que me ayudaron en la investigación y la construcción de este trabajo: a María Teresa Rodríguez por la mecanografía, a Victoria B. Gaubeca y al Arquitecto John Schmidt por el trabajo de fotografía y muy especialmente al Dr. Juan Antonio Ayala por su valiosa ayuda en la traducción y en la investigación.

C. S. G.



Instituto de Geografía

I N D I C E

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Pág.

INTRODUCCION.....	1
CAPITULO I:	
LAGO DE TEXCOCO: SITUACION FISICA.....	12
CAPITULO II:	
ACTIVIDADES ECONOMICAS RELACIONADAS CON EL LAGO DE TEXCOCO.....	30
CAPITULO III:	
LA INFLUENCIA DEL HOMBRE AL CAMBIAR EL DRE- NAJE DE LA CUENCA DEL LAGO DE TEXCOCO.....	45
BIBLIOGRAFIA (TEXCOCO).....	78
CAPITULO IV:	
EL LAGO DE CHAPALA: SITUACION FISICA.....	81
CAPITULO V:	
ACTIVIDADES ECONOMICAS RELACIONADAS CON EL LAGO DE CHAPALA.....	100
CAPITULO VI:	
LA INFLUENCIA DEL HOMBRE AL CAMBIAR EL SISTEMA HIDROLOGICO DEL LAGO DE CHAPALA.....	130
BIBLIOGRAFIA (CHAPALA).....	155
CONCLUSIONES.....	159
BIBLIOGRAFIA (CONCLUSIONES).....	167

## INTRODUCCION

En todo el mundo, los lagos presentan una vulnerabilidad especial ante las acciones letales del hombre. Las extensiones de agua, frías y profundas y de lento movimiento, pueden ocultar aun los influjos nocivos más terribles. El hombre ha buscado los lagos debido a sus ventajas económicas especiales, como proveedores de recreo, transporte, alimentos y aprovechamiento barato de agua y una capacidad sobreestimada para limpiar y purificar. Es este último concepto de los lagos como purificadores naturales, como receptores pasivos de toda clase de aguas, claras o lodosas, que fluyen en sus lechos o de tuberías de alcantarillado o de desechos industriales, el que ha llevado a un mal empleo de sus aguas y ha destruido así su auténtica belleza y utilidad.

Puesto que la mayoría de los lagos están en lo que se conoce como el dominio de los "comunes", tal como los ha descrito Garret Hardin en "Tragedy of the Commons" (HARDIN, p. 367), no los posee nadie, son libres para cualquiera que desee navegar en su superficie, pescar en sus profundidades, drenar el agua de ellos o añadir basuras a los sedimentos de su fondo.

En su Treatise on Limnology (1957), G. E. Hutchinson describe a los lagos como "geológicamente transitorios, normalmente originados por catástrofes, que maduran y mueren quieta e imperceptiblemente. El origen catastrófico de los lagos, en las épocas glaciares o en períodos de intensa actividad tectónica o volcánica, implica una distribución localizada de cuencas lacustres sobre las masas de tierra del planeta... por eso los lagos tienden a estar agrupados en distritos de lagos" (ODUM, p. 309). En realidad, los lagos se han formado con mucha frecuencia en áreas

que han sido sometidas a cambios geológicos recientes y por eso tienden a ser jóvenes, de unos 20,000 años o menos. La historia geológica de un área determina también gran parte del tipo de lago, puesto que los minerales presentes se incorporarán en el ecosistema. Los factores geológicos para la creación de un lago también pueden llevar a su desaparición: cambios en el nivel de la tierra, la erosión gradual de la masa de retención y el azolve, todos señalan el fin, incluso, del nivel más grande de agua.

Los lagos son ecosistemas que siguen las leyes de la bioenergética con etapas de desarrollo en las cuales se modifica el medio ambiente físico por la materia orgánica de la comunidad de las especies. En las etapas iniciales, la producción, "entrada", excede a la respiración, "salida", y la materia orgánica se acumulará en el sistema. Está caracterizada por sobrepoblación, "florecimientos", de ciertas especies. Según el sistema se acerca a la madurez, la biomasa total se hace más grande, dando una gran variedad de nichos y una variedad subsecuente de especies con balances para un control más grande. Sin embargo, los ecosistemas de lago se complican por entradas fuertes de materiales de todo el área de la cuenca que puede acelerar, parar o incluso dar marcha a esta evolución ecológica.

La clasificación de los lagos, por tanto, de acuerdo con su estado de desarrollo, depende de su productividad primaria, que a su vez depende de nutrientes recibidos de sus cuencas de drenaje, edad geológica y la profundidad de sus aguas, la interacción total de los procesos geológicos y de la comunidad. Lagos de agua clara, "oligotrópicos", tienen una producción primaria baja. Son, característicamente, profundos, con bajas densidades de plancton. El hipolimnio, los estratos más bajos del nivel, es más gruesa que el epilimnio (niveles superiores). Hay poca con-

centración orgánica en este nivel y por eso el oxígeno no está agotado y hay pescado típico de aguas frías, que prefiere habitar el fondo, tal como pescado blanco y trucha, muy apreciados por los seres humanos.

Por otro lado, los lagos "eutróficos" tienen una producción primaria mayor, la vegetación del litoral es abundante y las poblaciones de plancton "florecen". Son menos profundos y en ciertas épocas del año el oxígeno está agotado en los niveles más bajos debido al alto contenido orgánico y el pescado del fondo no puede sobrevivir. En regiones templadas, con cambios definidos de las estaciones, los gradientes termales en las aguas las mantienen en estratos bien definidos que sufren "inversiones" una o más veces al año. En las áreas subtropicales de México, donde la temperatura del agua de la superficie nunca desciende a menos de 4° centígrados, generalmente no ocurren inversiones o sólo hay un cambio que ocurre durante los meses más fríos del año cuando las temperaturas de la superficie y del fondo se aproximan unas a otras. El contenido de oxígeno del nivel más profundo es muy bajo, y estos lagos tienden a convertirse con mayor rapidez en "eutróficos".

El proceso natural para todos los lagos es que sigan la transición de oligotróficos a eutróficos debido a que los nutrientes del agua de los arroyos y las aguas subterráneas que drenan el área continuamente están descargándose en el lago, y no solamente están promoviendo más productividad y enriqueciendo el contenido orgánico del lago, sino que también están llenando el lecho del lago con sedimentos y material orgánico muerto.

La contaminación creada por el hombre en las aguas de los lagos por sedimentos procedentes de los campos fertilizados, por las aguas residuales humanas y animales, han causado lo que se

llama "eutroficación cultural", acelerando, en gran forma, el proceso natural. La abundancia de nitratos y fosfatos producen el supercrecimiento de algas verdes y azulverdes a una velocidad mayor de lo que pueden consumirse y así llenan el lecho del lago con -- materiales orgánicos que no están descompuestos, consumiendo el contenido de oxígeno del hipolimnio.

El estudio de los lagos artificiales ha ayudado a comprender mejor este proceso. Se construyen muchas presas en áreas donde no aparecerían lagos naturales. Más sencillamente, cuando se inunda un área de tierra, los componentes solubles del suelo y los nutrientes de las plantas se liberan en el agua. En esta etapa inicial, los lagos artificiales presentan una proporción muy desbalanceada entre la producción y la respiración y algunos están entre los más eutróficos de los sistemas de agua de todo el mundo. La colonización por especies es totalmente al azar y éstas no son necesariamente las más adecuadas para las condiciones presentadas por la masa de agua recientemente formada. Gradualmente, los mecanismos que llevan a la estabilización de los ecosistemas del lago se activan y se pueden medir. Por ejemplo, ciertos tipos y densidades de especies planctónicas y bentónicas, medidas por medio de muestras de agua y del lodo del fondo, se adaptarán y se estabilizarán al nuevo ecosistema. Además, hay anoxia en el fondo del lago, cuando éste es profundo ya que se abate fácilmente el contenido de oxígeno en relación directa con la cantidad de material orgánico que se vacía en el sistema y el número de organismos saprobióticos que se alimentan de este material. Los controles externos se miden fácilmente, por ejemplo, la temperatura del agua que determinará "inversiones" y los límites de cierto crecimiento, pues la mayor parte de las especies acuáticas tienen estrechas tolerancias termales; el grado de transparencia, que determina la



cantidad de luz disponible para la fotosíntesis y que puede medirse con el disco Secchi, y el grado de mineralización del agua que se determina por la concentración de los cloruros, sulfatos, alcalinidad y sus conductividad. Cuando hay una gran tasa de fotosíntesis, como en un sistema que está llegando a la estabilización, la alcalinidad aumenta y el fósforo o es asimilado por las algas o se precipita en el fondo a lo largo con depósitos de calcio. Sin embargo, el agua embalsada siempre va a ser eutrófica puesto que no existe ni el tiempo ni las condiciones necesarias para una vuelta al estado oligotrófico (ARMENGOL, pp. 168-178).

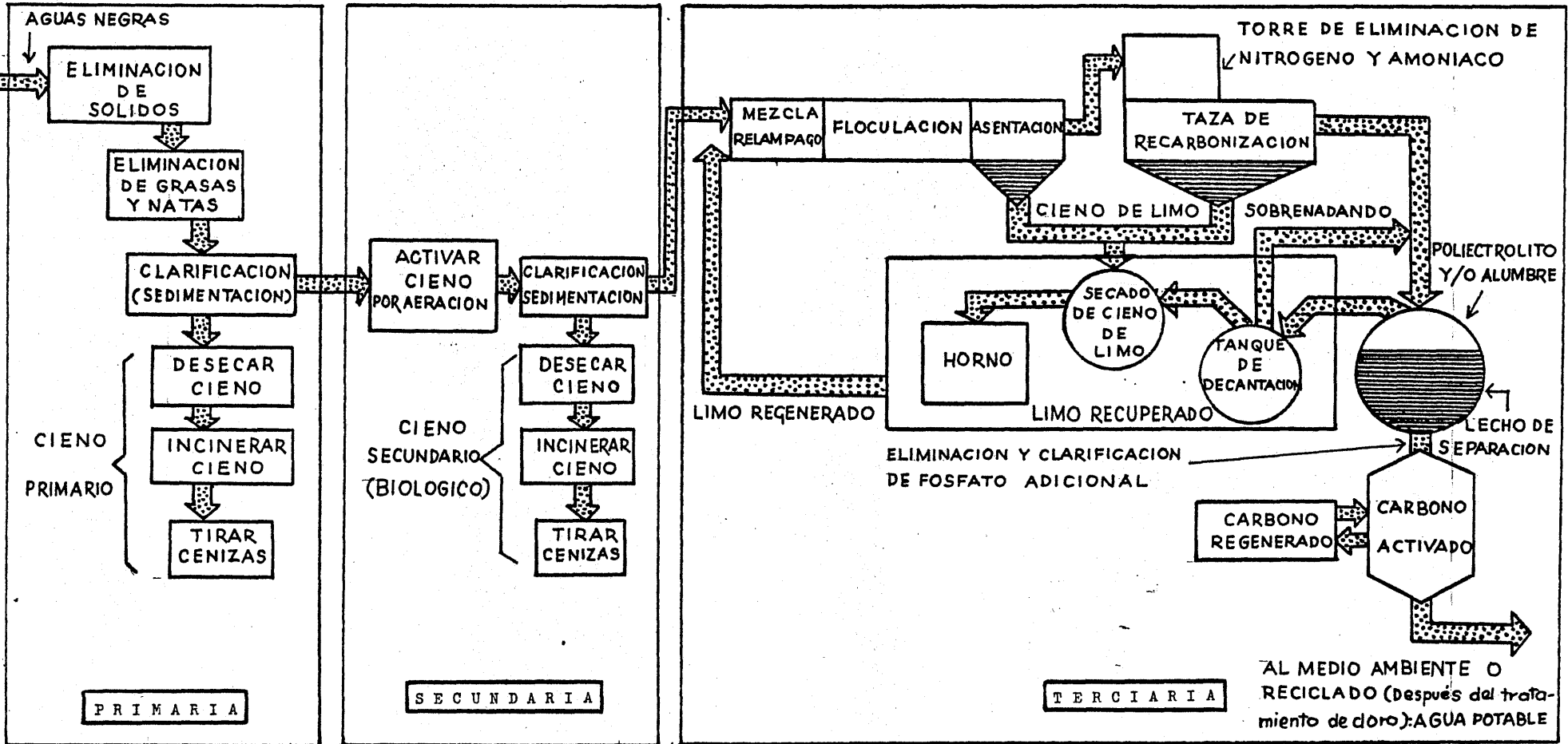
La contaminación de las masas de agua estacionaria significa una entrada adicional de nutrientes que se están virtiendo en los sistemas, que actúan al principio para proveer una energía mayor y propiciar "florecimientos". Pero según continúa la inyección de más materiales químicos y orgánicos, se llega a un punto de tensión y la entrada continúa resulta en una reducción marcada de producción y la muerte eventual de muchos organismos. En el caso de los llamados desperdicios tóxicos que son descargados en el ecosistema, no hay "florecimiento", sólo muerte. Los contaminantes no degradables o tóxicos jamás deberían de ser arrojados al medio ambiente líquido puesto que no existe una forma práctica ni económica de absorberlos o de removerlos, y el daño ecológico que causan con frecuencia es irreparable (EHRLICH, p. 560).

Los contaminantes biodegradables, por otro lado, pueden integrarse al medio ambiente por el proceso natural de descomposición o bien, no permitir su influjo con el uso de plantas de tratamiento de aguas negras. En cualquier caso, los factores económicos y de tiempo y espacio deben de estar en proporción a la cantidad de los desperdicios. Según las áreas la densidad de la población hu-

mana aumenta, con los subsecuentes aumentos de materiales de desecho, los procesos naturales ya no son viables y se hacen completamente inadecuados cuando se rebasan los límites de autopurificación. Deben implementarse plantas de tratamiento más eficientes, si no el área está condenada a experimentar una "muerte" ecológica. La mayor parte de las ciudades ha crecido más rápidamente que el número o la eficiencia de sus plantas de tratamiento de sus aguas de desecho.

Las plantas de tratamiento de aguas pueden estar destinadas o a hacer las aguas de los lagos y los ríos más claras y limpias de bacterias para que se puedan beber, o a limpiar lo suficiente las aguas de desecho de las industrias y las aguas negras domésticas para que se puedan arrojar de nuevo, con frecuencia, a los mismos lagos y ríos.

El tratamiento de aguas negras o de desechos biodegradables tiene tres niveles de complejidad (ver Cuadro A). El tratamiento primario es un proceso mecánico que remueve alrededor del 50-60 % de los sólidos en suspensión por medio de la filtración, colado o sedimentación. Este proceso produce un sedimento sólido y un chorro líquido que no puede servir para ninguna clase de uso directo; por eso debe tenerse en cuenta la eliminación de este líquido y sedimentos. El tratamiento secundario va un paso más adelante e introduce procesos biológicos, es decir, la transformación de desechos orgánicos por medio de bacterias anaeróbicas y la introducción de oxígeno por medio de ventilación. Los productos de este proceso son dióxido de carbono, gas metano, que puede ser usado como combustible, y cieno sólido que puede usarse como fertilizante. El agua así tratada puede ser usada por las industrias o para el riego. Desgraciadamente, el líquido de los dos procesos todavía es alto en nutrientes y contribuye a la eutroficación de cualquier masa de agua en la que se vierte.



CUADRO - TRES ETAPAS DEL TRATAMIENTO DE AGUAS NEGRAS (ODUM, p.436).

El tratamiento terciario usa procesos físicos, químicos y biológicos para remover fosfatos, nitratos y otras materias orgánicas. Es costoso y cuesta cinco o seis veces más que el tratamiento primario y dos veces más que el secundario. El agua de este tipo de tratamiento no puede ser absolutamente segura para beber, pero para los demás usos industriales, agrícolas y recreacionales es bastante adecuada. Los lagos alimentados con agua tratada por procesos terciarios, por ejemplo el lago Tahoe, en la frontera de California y Nevada en los Estados Unidos, no se han convertido en eutroficados culturalmente.

Un balance hidrológico explica la presencia continua de un lago. Mientras el nivel de retención no cambie, el nivel del agua del lago estará determinado por la entrada de agua; la lluvia, los ríos o la infiltración subterránea de agua, como opuestos a la salida; la evaporación de la superficie o la salida por sistema de ríos o por debajo de la superficie. Sin embargo, hay diferentes elementos que influyen en la pérdida debida a la evaporación: la profundidad del lago, las formas de la circulación del agua, el grado de la retención del calor, la cantidad de plancton en el agua, la presencia de vegetación en el litoral o flotante, el pH y el grado de mineralización, es decir, concentración de cloratos y sulfatos, cantidad y duración de la insolación, temperaturas y humedad del aire circundante.

El propósito de este trabajo es estudiar la formación, uso económico y la "eutroficación" resultante de dos grandes lagos en la Altiplanicie meridional mexicana, investigando los planes de acción ya formulados por el Gobierno y las posibilidades de un esfuerzo coordinado por parte de los organismos estatales y federales para salvar los lagos.

En consecuencia, la hipótesis que se establece en este tra-

bajo es la siguiente:

### HIPOTESIS

Los lagos mexicanos fueron de primordial importancia en el desarrollo de la cultura indígena. Ahora se los considera sin importancia, siempre y cuando la presión del crecimiento industrial y demográfico tenga prioridad.

La contaminación y el mal uso de recursos es muy notable en los lagos del Altiplano meridional mexicano. ¿No será la restauración de los lagos, dentro de su ciclo natural, una función valiosa para el Plan Nacional de Desarrollo?

Los dos lagos que se estudian son el lago de Texcoco y el de Chapala. Ambos son lagos naturales que tanto en el pasado histórico como en las circunstancias actuales han tenido y tienen una gran importancia para el desarrollo de las áreas geográficas en las que se hallan situados.

BIBLIOGRAFIA

- Armengol, Joan, "Ecología del Zooplancton de los Embalses", Mundo Científico (La Recherche), No. 11, Vol. 2, pp. 168-178.
- Davis, S. N. y DeWiest, R., Hidrogeología, (Título original: Hydrology, John Wiley & Sons, 1966), Edición en lengua española: Ed. Ariel, Barcelona, 1971.
- Ehrlich, Paul R., Ehrlich, Anne H. y Holdren, John P., Ecoscience, Population, Resources, and Environment, W. H. Freeman and Co., San Francisco, 1977.
- Hasler, Arthur D., "Eutrophication of lakes by domestic drainage", Ecology, 28: 383-395, 1947.
- Hardin, Garrett, The Tragedy of the Commons, de Population, Evolution and Birth Control, 2a. ed., W. H. Freeman and Co., San Francisco, 1969.
- Hutchinson, G. E., A Treatise on Limnology, in Geography, Physics and Chemistry, Vol. 1, John Wiley & Sons, New York, 1957.
- Longwell, Chester R. and Flint, Richard, Geología Física, 1a. ed., Ed. Limusa, México, 1978.  
(Título en inglés: Introduction to Physical Geology, 1963, John Wiley & Sons), pp. 232-245.
- Odum, Eugene P., Fundamentals of Ecology, 3a. ed., W.B. Saunders Co., Philadelphia, 1971.
- Owen, Olivier, Conservación de Recursos Naturales, Ed. Pax, México, 1977.  
(Título en inglés: Natural Resources Conservation, 1971, McMillan Co., New York), pp. 426-468).

Ward, Barbara and Dubois, René, Una sola Tierra, 1972, Fondo de Cultura Económica, México, pp. 251-256.

## CAPITULO I

### LAGO DE TEXCOCO: SITUACION FISICA

El lago de Texcoco está situado en el centro del Valle de México, en el borde sur de la Altiplanicie Meridional. El valle en sí mismo es parte de toda la cuenca de drenaje que, durante un millón de años, antes de la llegada de los españoles, había sido un sistema de drenaje endorreico que vaciaba sus aguas en cinco lagos poco profundos situados en el centro del valle. El balance hidrológico estaba controlado por la evaporación proveniente de las vastas superficies de los lagos.

El área de toda la cuenca de drenaje es, aproximadamente, de 9,600 km<sup>2</sup>, localizada entre los 98° 15' y los 99° 30' al oeste y los 19° 00' y 20° 15' al norte. El área plana que se mide desde el punto más bajo del valle, 2,236 msnm, hasta 2,250 msnm., cubre -- 1,507 km<sup>2</sup>. (Véase mapa 1). El área de la cuenca se extiende desde Chalco en el sur hasta las regiones semiáridas de Pachuca, en el norte (110 kms.) y desde el borde de la Sierra de las Cruces hasta los picos del Iztaccihuatl (80 kms.). Están incluidas las antiguas cuencas tributarias del Apam, Tecocomulco y los lagos Tochac hacia el este que han sido incorporadas al valle de México por la reciente construcción de canales (Véase mapa 2).

De los cinco lagos centrales, el lago de Texcoco fue el más grande y ocupaba el punto más bajo de la cuenca, seguido por el lago Zumpango en el norte y los ahora extinguidos Xoltocán y San Cristóbal. En el sur, el lago Chalco, que hasta que se secó a comienzos del presente siglo, era el tercero más grande junto con el lago xochimilco que tiene vestigios que quedan..



en la zona de las chinampas.

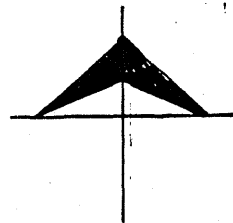
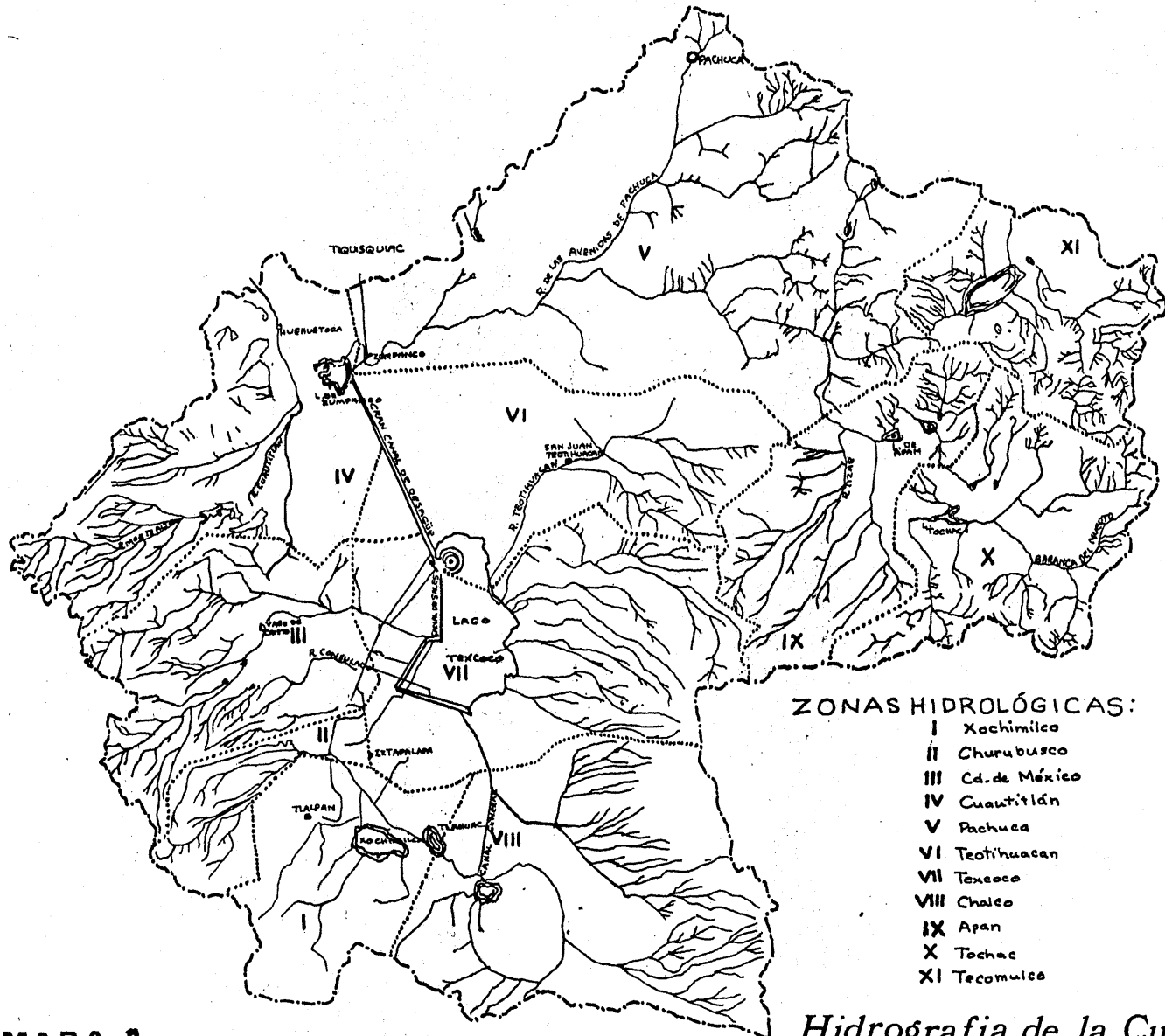
El el Mioceno, el área quizá se drenó naturalmente hacia el sur y el río Balsas. Con la actividad volcánica del Cuaternario y la aparición de la Sierra Chichinautsin, esta salida se cerró y el lago del valle de México se convirtió en una gran masa natural de agua que llenaba por completo el área del nivel del valle. Como un lago de cuenca endorreica, el nivel de las aguas varió muchísimo. En los años húmedos, el lago cortó bancos tan grandes como de 50 a 160 mts. sobre el presente lecho del lago. Es muy notable la correlación entre estos años húmedos y la evidencia de glaciación en los flancos de la Sierra Nevada (AVELEYRA, p. 67).

Debido a la gran altura del valle de México, el nivel de hielo en la atmósfera se alcanza más bien fácilmente. La cantidad de nieve y la consecuente formación glacial parece que se controla más por la cantidad de precipitación que por la crudeza de las temperaturas del invierno.

Hay evidencia de morrenas terminales tan bajas como a 3.000 msnm. durante los períodos húmedos y puesto que también hay evidencia de hombres primitivos, los antiguos colonizadores del valle de México deben de haber presenciado ambos fenómenos, glaciación y un nivel muy alto del lago.

Entre estas épocas húmedas, hubo grandes períodos muy secos. La evidencia de estos cambios pleoclimáticos en el valle de México se ve claramente en los estratos existentes. (Véase cuadro B). Uno de los más antiguos, Tacubaya, es un aluvión compacto, de color amarillo rojizo, que corresponde a un nivel alto de los lagos y a un clima húmedo. El segundo, Caliche I o Caliche Morales, es la capa más antigua de carbonato de calcio que indica un nivel bajo del lago y un período seco prolongado. El tercero, Becerra,

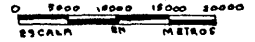




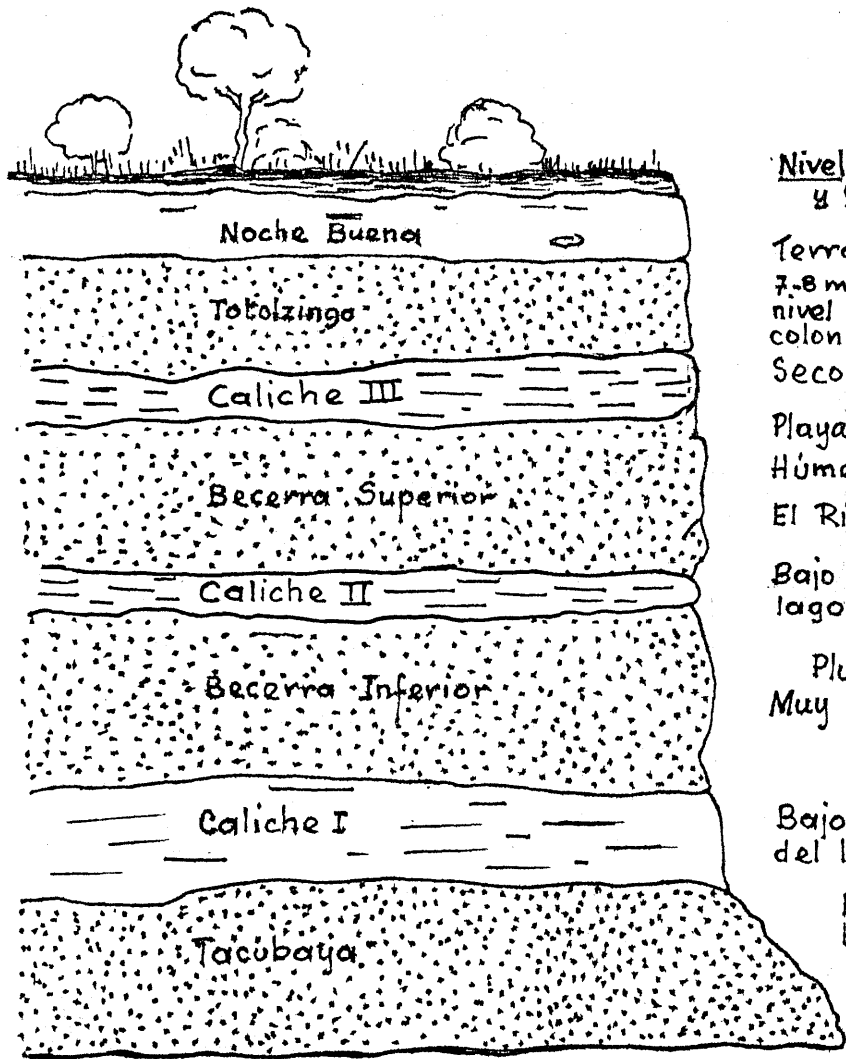
- ZONAS HIDROLÓGICAS:
- I Xochimilco
  - II Churubusco
  - III Cd. de México
  - IV Cuautitlán
  - V Pachuca
  - VI Teotihuacan
  - VII Texcoco
  - VIII Chalco
  - IX Apan
  - X Tochac
  - XI Tecumilco

MAPA 2

*Hidrografía de la Cuenca del Valle de México*  
1980



# Estratos Antiguos - Valle de México



## Nivel del lago y clima

Terrazas:  
7-8 mts. sobre nivel del lago colonial.

Seco-Loess

Playas el Risco III  
Húmedo

El Risco II y I

Bajo nivel del lago, Loess

Pluvial,  
Muy húmedo

Bajo nivel del lago

Pluvial, muy húmedo

Playas -160 mts. sobre el actual nivel del Valle

## Glaciaciones

Glaciación (avance de Aylotepito)

Deglaciación

Glaciación (avance de Trancas)

Deglaciación

Glaciación (avance de Xopaná)

Deglaciación

Glaciación (avance de El Salto)

## Cronología aproximada

4,000 años

6-8,000 "

10,000 "

15,000 "

23,000 "

42,000 a  
65,000 "

CUADRO B

Adaptado de: Avelleyra, p.78

está separado en el Becerra Inferior por un lecho de arcilla y sedimentos lacustres y el Becerra Superior, también con capa de arcilla que indica condiciones húmedas, por un estrato Caliche II que es una capa discontinua más delgada de depósitos de calcio de un breve período seco. El Becerra Superior también está caracterizado por tres diferentes terrazas del lago y formaciones de bancos (El Risco I, II y III) donde se encontraron restos del hombre primitivo de Tepexpan. (AVELEYRA, p. 53).

En estratos que se remontan a 21,000-22,000 años antes del presente, los paleontólogos también han encontrado restos humanos, alrededor del cerro de Tlapacaya, que muy probablemente existían como cazadores de mamutes en las orillas pantanosas del lago donde los grandes mamíferos podían fácilmente ser atrapados y matados.

Los estratos siguientes, Caliche III o Caliche Barrilaco, nos hablan de un período extremadamente seco que causó un gran problema a estos hombres primitivos con un clima cuasidesértico, bajo nivel o carácter intermitente de los lagos y la extinción de muchas especies de mamíferos en el valle. Este fue seguido por Totolzingo, una formación postpluvial con la vuelta de condiciones húmedas para el valle aunque menos notable que el Becerra o Tacubaya. El último, Noche Buena, de reciente formación, con muchos hallazgos arqueológicos de culturas sedentarias primitivas y grandes fluctuaciones en el nivel del lago, que generalmente era 7-8 mts. más alto que en los tiempos de la Conquista. (AVELEYRA, pp. 70-71).

El área natural de la cuenca del valle de México está rodeada por casi todos los lados por cordilleras de montañas. (véase mapa 2). Estas son el resultado de actividad volcánica a lo largo de una serie de fallas y fracturas que van del SW al NE a tra-

vés del área, semejantes a los mecanismos a lo largo de todo el eje neovolcánico. En el oeste y el sur, las cordilleras son moderadamente altas: Sierra Chichinautzin (3,400 mts.), Sierra de las Cruces (3,789 mts.), Sierra de Montealto y Sierra de Tepotzotlán. Reciben una fuerte precipitación durante los meses de verano, e incluso nieve en el invierno. La Sierra Nevada incluye los picos volcánicos cubiertos de nieve del Popocatépetl (5,482 mts.) y el Iztaccihuatl (5,386 mts.), Sierra de Zempoala, Sierra de Río Frío y el Cono Tláloc (4,150 mts.). Hacia el noroeste están las Sierras de Calpulalpa, Tepozan, Chichicuatla, Pachuca y Tezontlapan. Son más secas que la cordillera occidental debido a su posición en el sotavento de los vientos dominantes del Golfo, pero están sujetas a ocasionales lluvias torrenciales. El drenaje en esta última área está definido pobremente y su relieve está cortado por barrancas y arroyos. El material arrastrado por los ríos fuera de las montañas ha creado enormes abanicos aluviales a lo largo de la orilla este del valle.

Sólo una apertura estrecha hacia el norte está delineada menos abruptamente y proporciona un acceso fácil al cauce del río Pánuco, ya sea a través del río Tula (2,250 mts.) o del Tequixquiac (2,300 mts.). Estos pasos son importantes desde el punto de vista histórico, no sólo como rutas de comunicación hacia el norte, sino también porque fueron el trayecto lógico de los proyectos de drenaje del Valle de México.

El mismo valle tiene una serie prodigiosa de formas volcánicas pequeñas, calderas, conos erosionados de cenizas y chimeneas volcánicas, corrientes de lava, etc. Algunos son muy antiguos como la Sierra Guadalupe (2,990 mts.) y la Sierra Patlachique (2,630 mts.) que proceden del Mioceno Superior y casi se jun-

tan para cortar en dos el valle; más recientes son las prominencias andesíticas del Peñón de los Baños y el Cerro del Tigre y las reliquias basálticas del Cerro de Tlapacoya, Zacatepec y Chapultepec. Del Cuaternario viene la formación de la Sierra Santa Catarina, Cerros de Chimalhuacán, de la Estrella, los Pinos y Peñón del Marqués. En toda esta región hubo siete fases diferentes de volcanismo, que continuaron hasta tiempos bastante recientes con el cono volcánico Xitle, que tiene unos 2,500 años.

En el pasado, varios ríos vaciaron sus aguas directamente en el lago Texcoco, procedentes tanto del oeste como del este. Se debe recordar que el clima del valle de México está regido por una estación de verano lluviosa y que las lluvias caen torrencialmente durante los meses de mayo a octubre. Por eso, aun a lo largo de vertientes occidentales, el flujo del agua en los arroyos y en los lechos de los ríos es normalmente intermitente y llevan grandes cantidades de agua, a veces peligrosas e incontrolables durante las lluvias fuertes. Sólo los siguientes ríos de la cuenca de drenaje del Valle de México tienen un flujo perenne de agua: Magdalena, Mixcoac, Tacubaya, Hondo, Tlalnepantla, Cuautitlán y Tepotzotlán en el oeste; el río San Juan Teotihuacán en el este y el de la Compañía en el sur (véase mapa 2).

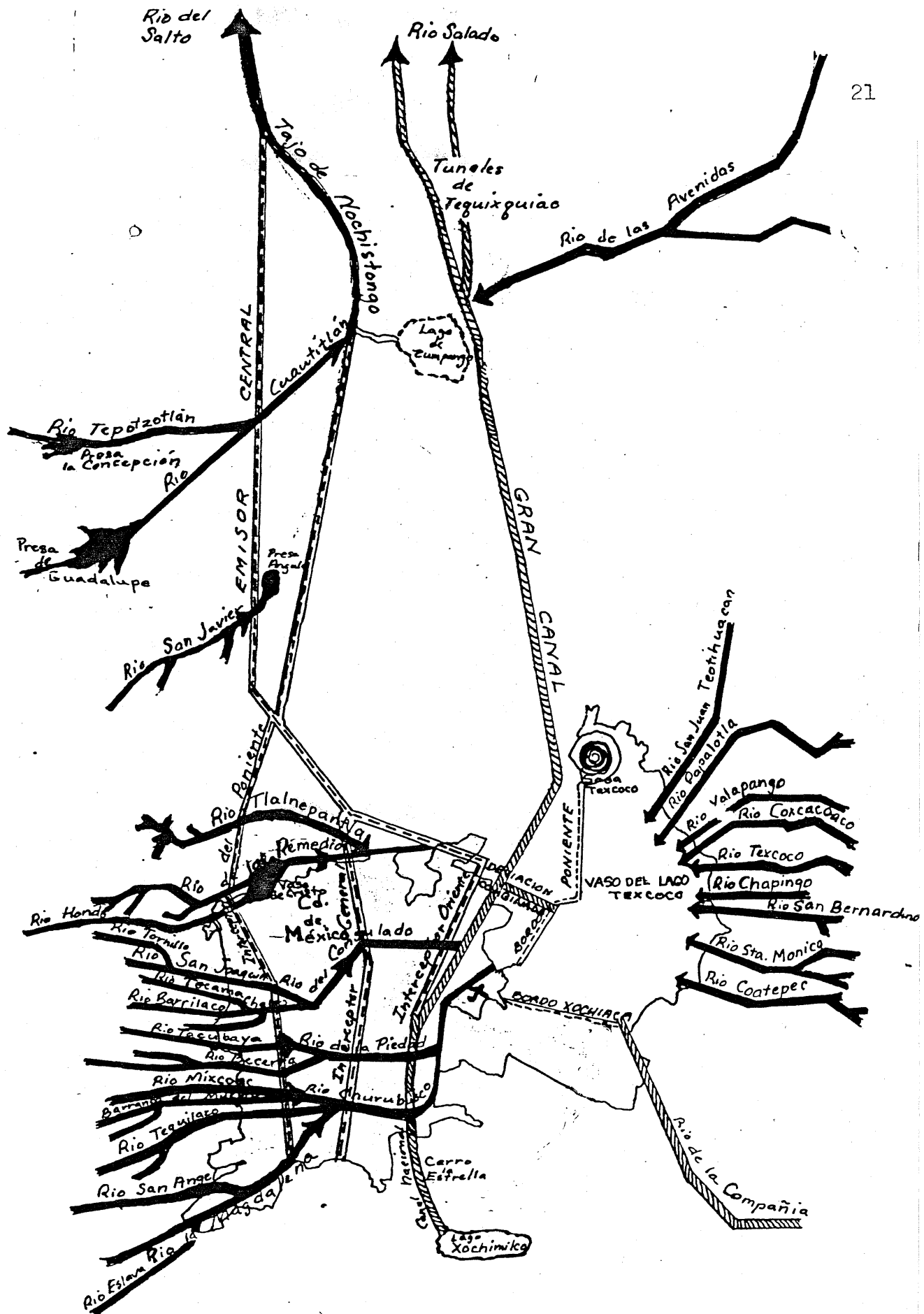
Los ríos de la vertiente oriental fluyen irregularmente y mayormente son absorbidos en las arenas porosas del aluvión. Hoy, estos ríos, el Papalote, Xalapongo, Coxacoaco, Texcoco, Chapingo, San Bernardino, Santa Mónica y Coatepec, siguen fluyendo, por lo menos parte del año, hacia el lago Texcoco sin interferencia del hombre, excepto por la excavación de canales y recubrimiento de los mismos con concreto. Son, en el presente, la única fuente de agua dulce que recibe el lago.

Hacia el oeste, muchos de los ríos han sido canalizados

entubados o desviados completamente de su curso. Además, entre las innumerables corrientes pequeñas tributarias que fluyen intermitentemente en el valle, los ríos más grandes son el Eslava, Magdalena, San Angel, Tequilazgo, Mixcoac, Becerro, Tacubaya, Tecamachalco, San Joaquín, Tornillo, Hondo, de los Remedios, Tlalnepantla, San Javier, Cuautlitán y Tepotzotlán (véase mapa 3). Las aguas de estos ríos están desviadas hacia el Interceptor del Poniente que desemboca en el Gran Canal de Desagüe para ser sacadas fuera del valle. Son excepciones el río Churubusco que es llevado por drenajes subterráneos, parcialmente al lago de Texcoco y, también, en parte, al lago Xochimilco, el río de la Piedad, que también se añade a las aguas del río Churubusco subterráneamente, el río Consulado que desagua en el Gran Canal en el lugar en que sale de su túnel, y el río de los Remedios que cruza el Gran Canal por un puente llamado Puente Canal. El río Cuautitlán, con mucho es más fuerte y peligroso a veces en épocas de inundaciones; fue uno de los primeros que fue canalizado y desviado para llevar sus aguas fuera del valle a través del tajo de Nochistongo. Desde el noreste, el río de las Avenidas de Pachuca que, como su mismo nombre lo implica, fluye sólo en tiempos de inundaciones "repentinas", y que vierte sus aguas en el lago Zumpango.

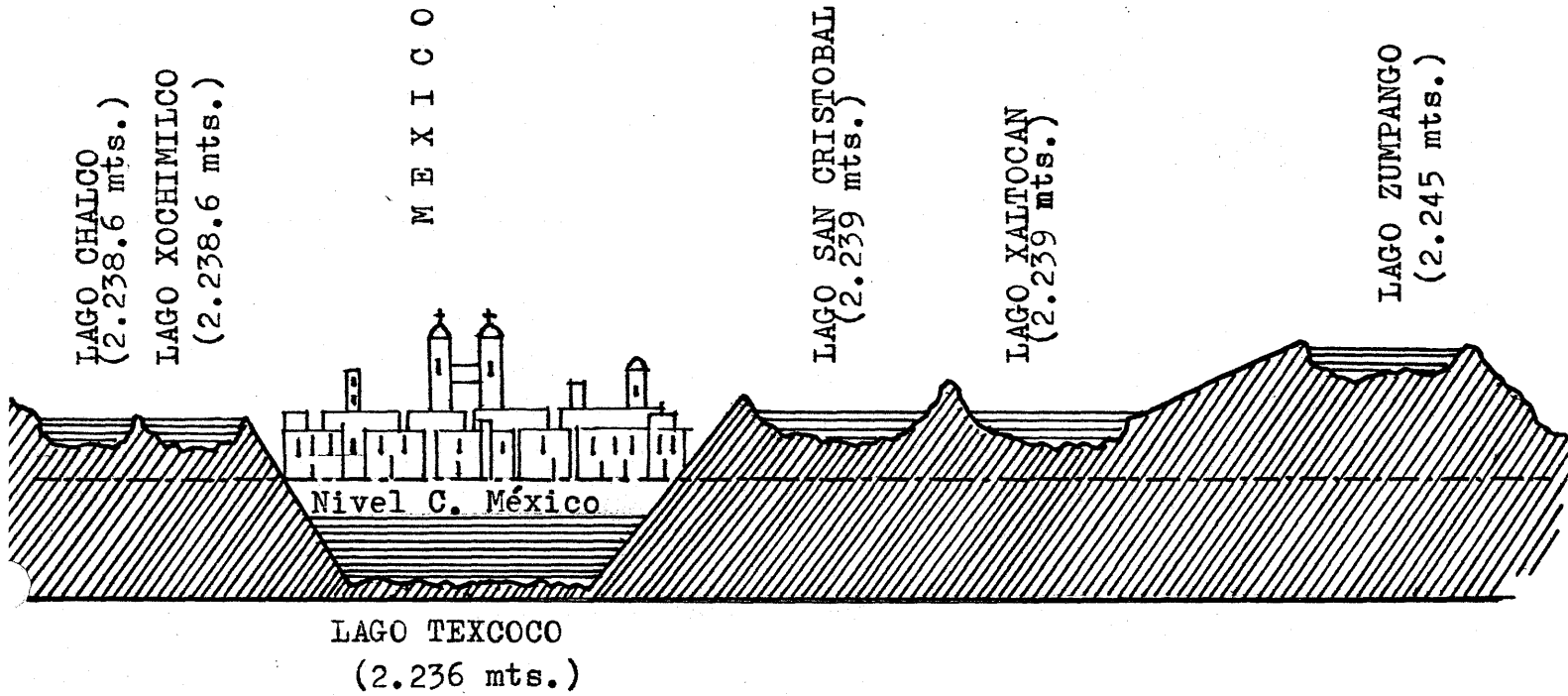
Puesto que los cambios en nivel, área, salinidad y desagüe de todos los lagos, han sido drásticamente afectados por complicados proyectos hidráulicos en los últimos cinco siglos, un estudio de la verdadera función hidrológica de la zona debe remontarse hasta la época prehistórica. Por estar en la parte más baja del valle, la función primaria del lago de Texcoco ha sido siempre recibir y regular las aguas no sólo de los ríos, sino también de los otros lagos y de sus ríos tributarios. El río





MAPA 3- CAPTACION DE LOS RIOS EN EL VALLE DE MEXICO.

(MEMRIAS, TOMO IV Y PLAN TEXCOCO, SARH).



CUADRO C.- NIVELES DE LOS LAGOS DEL VALLE DE MEXICO A COMIENZOS DEL SIGLO XIX.

(CALDERON DE LA BARCA, p. 185).

Cuautitlán, hacia el noroeste, y el río Avenidas de Pachuca, hacia el este, en su estado pasado sin alteraciones, llevaban las aguas de sus grandes áreas de la cuenca, vertiéndolas en el más alto de todos los lagos del valle, el lago Zumpango (2,245 mts.) que, a su vez, vertía las aguas sobrantes en el lago Xaltocan (2,239 mts.) y San Cristóbal (2,236 mts.), Estos, al crecer vertían sus aguas en el lago Texcoco (2,236 mts.). Los mismos mecanismos existían en el sur con los lagos Xochimilco y Chalco (2,238. 6 mts.) que durante la época de lluvias también vertían sus aguas en el lago de Texcoco. Por eso, el lago de Texcoco, como receptor de todas las aguas, y la consiguiente superficie donde el agua estaba constantemente siendo removida por la evaporación, tenía un alto contenido de sal en sus aguas, a diferencia de los otros lagos que tenían agua dulce (véase Cuadro C).

Una buena descripción de este tipo de cuenca lacustre sin un drenaje exterior se encuentra en Elements of Geography de Finch y Trewartha:

"La porción más baja de la cuenca típica de drenaje interior muestra evidencia de concentración de drenaje allí en la forma de pantanos y lagos. Si la proporción general de drenaje interno está balanceada por la proporción promedio de pérdida debida a la evaporación, es probable que exista un lago. Será un lago de agua salada o alcalina porque el agua está siendo removida constantemente por evaporación. Mientras las sales contenidas en el agua que entra, especialmente sal común, permanecen disueltas y eventualmente alcanzan concentraciones que hacen que algunos lagos salados sean más salados que los océanos. Si el promedio de evaporación generalmente es mayor que el promedio de lo que entra, resultarán lagos temporales, o de "playa", debido a entradas torrenciales de agua. Están seguidos por períodos de excesiva eva-

poración. Los lechos pantanosos están cubiertos de lodo y están altamente saturados de sal o de álcalis solubles del suelo. Entonces, aunque secos, ellos comúnmente están incrustados con sales y, a veces, son de un color blanco brillante" (FINCH & TREWARTHA, p.322).

Aunque los autores se refieren a áreas desérticas con altas temperaturas durante todo el año y menos lluvias que el Valle de México, sin embargo, es importante no olvidar los grandes cambios producidos cuando la salida es mayor que la entrada en este ciclo hidrológico.

El clima del valle de acuerdo con el sistema de clasificación de Koeppen oscila entre Cwbg, temperatura moderada con lluvias en el verano y meses bastante calientes antes de junio y el BS, régimen estepario templado con lluvias en el verano. La diferencia, determinada por la situación del valle, se debe a variaciones anuales de temperatura y a la cantidad de lluvia recibida. El oeste y el sur, incluyendo el Distrito Federal, está casi siempre considerado como templado, mientras el norte y el este, estepario. Esto se refleja en la amplia variedad de vegetación en la cuenca, desde bosques de pinos en las cumbres orientales y el área de la Sierra Nevada-Río Frío hasta las tierras secas con cactus y matorrales del norte.

Las condiciones de vegetación que existen hoy han cambiado radicalmente desde la época precortesiana. Tenemos evidencia de colinas verdes de aquel entonces, de tierras de pastos exuberantes y de bosques mesófilos que en algunas áreas llegaban hasta los bordes de los lagos. Tules en los que abundan aves acuáticas y especies aparecían especialmente alrededor de lagos de agua dulce. La densa cubierta de vegetación protegía el suelo, prevenía la erosión y la sedimentación resultante de los lagos. Las aguas de lluvia podían infiltrarse hacia los mantos freáticos, lle-----

marlos a su máxima capacidad, mantener el flujo de los manantiales y mantener húmedo y arable el suelo. Las grandes extensiones de agua del lago unidas a la transpiración de la vegetación en la tierra elevaban el nivel de humedad en la atmósfera a niveles confortables para el hombre y para el ciclo de crecimiento de las plantas.

La infiltración del agua en las áreas montañosas con un régimen de fuertes lluvias era una parte importante del balance hidrológico, porque esa misma agua llegaba a la superficie en los innumerables manantiales de agua dulce a lo largo de los bordes del área del valle: Teotihuacán, Chapultepec y Chimalhuacan, o brotaban en el antiguo cono volcánico del Peñón de los Baños.

La gran zona de roca porosa volcánica (malpaís) de la Sierra de Chichinautzin, desde el sur, también influía en la distribución del drenaje. La lluvia en esta área es especialmente abundante pero hay pocos ríos en la superficie debido a la porosidad de la roca y al desorden general del relieve. Estas aguas contribuían a llenar los niveles freáticos aunque una gran cantidad de ellas se filtraba para emerger al sur de Cuautla y Cuernavaca en los manantiales termales de esa área. Pero, aún más importante, debido a la falta de un drenaje de superficie, no era del sur sino más bien del norte del valle donde las aguas torrenciales de lluvia escurrían sobre suelos impermeables y tepetates, provocando inundaciones peligrosas para el valle.

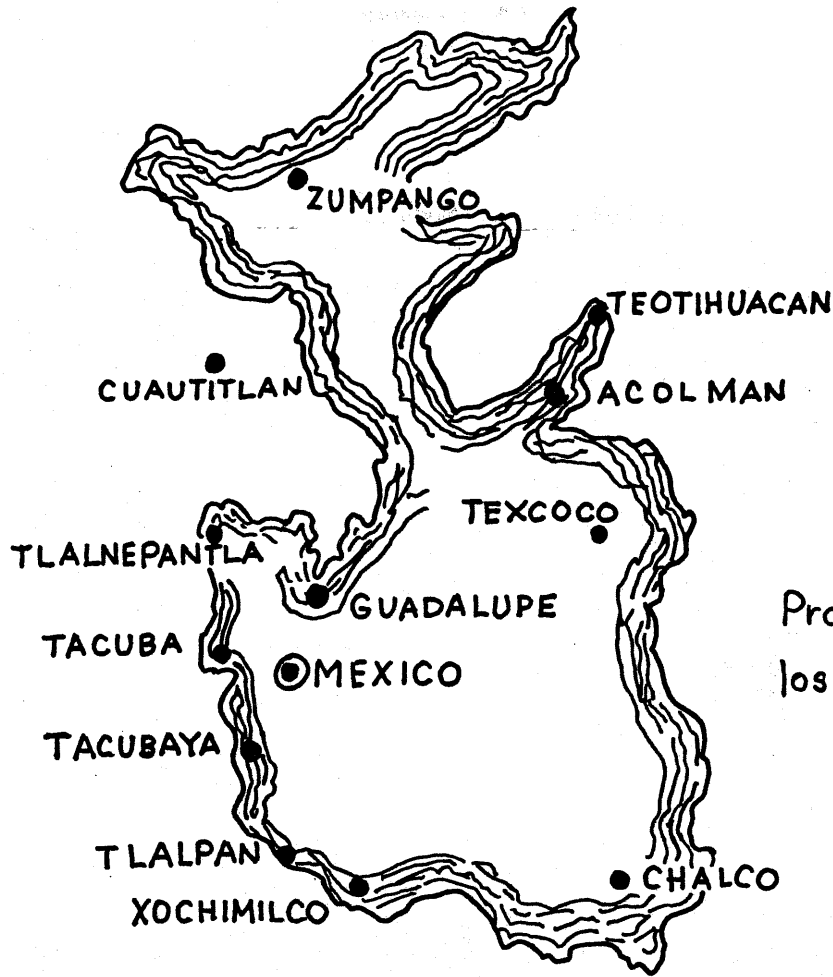
Mirando atrás de la época precortesiana, la densa vegetación, el aire húmedo, los lagos que cambiaban de nivel de acuerdo con las estaciones, los altos niveles de aguas freáticas, los manantiales de agua dulce aun en medio de un lago salado, parece un auténtico paraíso. Pero todas las indicaciones señalan el hecho de que es-

estos lagos eran viejos que se estaban azolvando, agravando por tanto los ciclos de inundaciones y, aun sin la intervención del hombre, hubieran desaparecido en menos de mil años (véanse mapas 3a, 3b, 3c y 3d).

Alexander von Humboldt en 1803 informa que el comercio por bote de Texcoco a la ciudad de México se paralizaba durante la estación seca debido al bajo nivel de las aguas del lago. Cortés no pudo navegar en sus barcos directamente alrededor de Tenochtitlán, que entonces era una isla, porque las aguas eran de muy baja profundidad. Es evidente que el lago se estaba reduciendo lenta e inexorablemente en tamaño y profundidad (HUMBOLDT, p. 118).

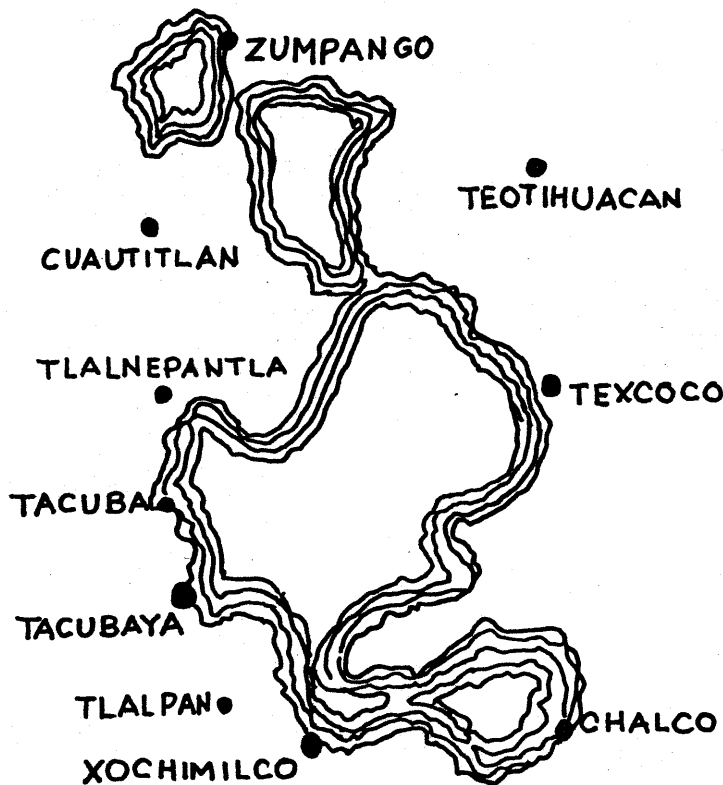
Von Humboldt también observó que las características especiales de los lodos del lecho del lago que, cuando estaba seco, desarrollaba una dura costra salina, haciendo imposible que se cultivara nada y que da a esta parte del lago una apariencia parecida a los grandes desiertos de sal del Tibet y de China Central (HUMBOLDT, p. 29). Aunque esta costra actúa para proteger la base del suelo de una evaporación excesiva, se quebrará fácilmente con una lluvia torrencial. Al reducirse la superficie del lago, suelos lodosos muchos más salinos se han ido exponiendo con la subsecuente eflorescencia de sales y un fino polvo lacustre, que es arrastrado por los vientos, especialmente en los meses secos de la primavera, y es llevado sobre el valle en forma de tolvaneras.

Se ha calculado que el tamaño del lago de Texcoco antes de la Conquista era de unos  $600 \text{ kms}^2$  aproximadamente. Cortés, que sólo reconoció la existencia de dos lagos, los exageró como si cubrieran la mitad del área plana del valle, unos  $750 \text{ kms}^2$ . Alexander von Humboldt en 1803 calculó, con gran precisión, el área como de  $683,21 \text{ kms}^2$ . Sólo el lago de Texcoco, según él,



Mapa 3a

Probable extensión de los lagos en la época diluvial



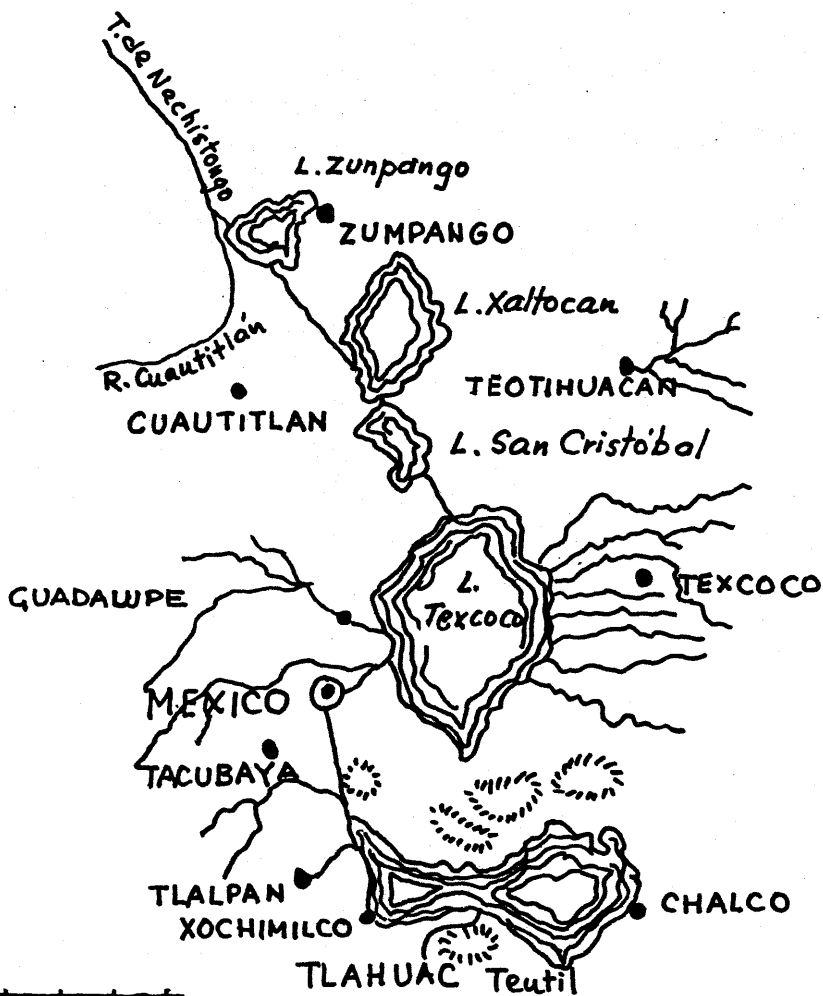
Mapa 3b

Situación de los lagos en el siglo XVI al llegar los españoles al Valle de México





Mapa 3c  
Los lagos en el  
Siglo XIX



Mapa 3d  
Los lagos a  
principios del  
Siglo XX

0 5 10 15 20 25 KM



tenía una extensión de  $313.66 \text{ kms}^2$  (6 1/2 leguas cuadradas), en aquel tiempo.

Hoy, el vaso del lago de Texcoco tiene una extensión máxima de  $171 \text{ kms}^2$ ; la mayor parte de esta extensión está ya seca y habitada. Más allá de la superficie real del lago hay un cinturón de tierras pantanosas con el nivel freático muy cerca de la superficie y que mide aproximadamente lo mismo,  $171 \text{ kms}^2$ . Las dimensiones de este cinturón de lechos del lago con suelos saturados e incrustaciones salinas varían muchísimo de año con año y de la estación de lluvias a la de sequía. (CCC, pp. 366-367).

El balance hidrológico registrado en 1980 en toda la cuenca del Valle de México es:

Precipitación pluvial.....	6,922.0	millones de $\text{m}^3$
Evaporación.....	5,641.5	" " "
Infiltración.....	1,260.4	" " "
Extracción de aguas.....	1,849.6	" " "
Importación.....	362.6	" " "
Salida de agua de la cuenca.....	458.9	" " "

De acuerdo con estos datos había un déficit de  $1,925.8 \times 10^6 \text{ m}^3$  casi un tercio de la cantidad de precipitación recibida. Si se calcula que el agua extraída para ser usada eventualmente se reinyecta en el sistema ( $1,849.6 \times 10^6 \text{ m}^3$ ), entonces hay un déficit considerable de  $76.2 \times 10^6 \text{ m}^3$  quizá debido a una entrada que no se ha calculado de aguas subterráneas.

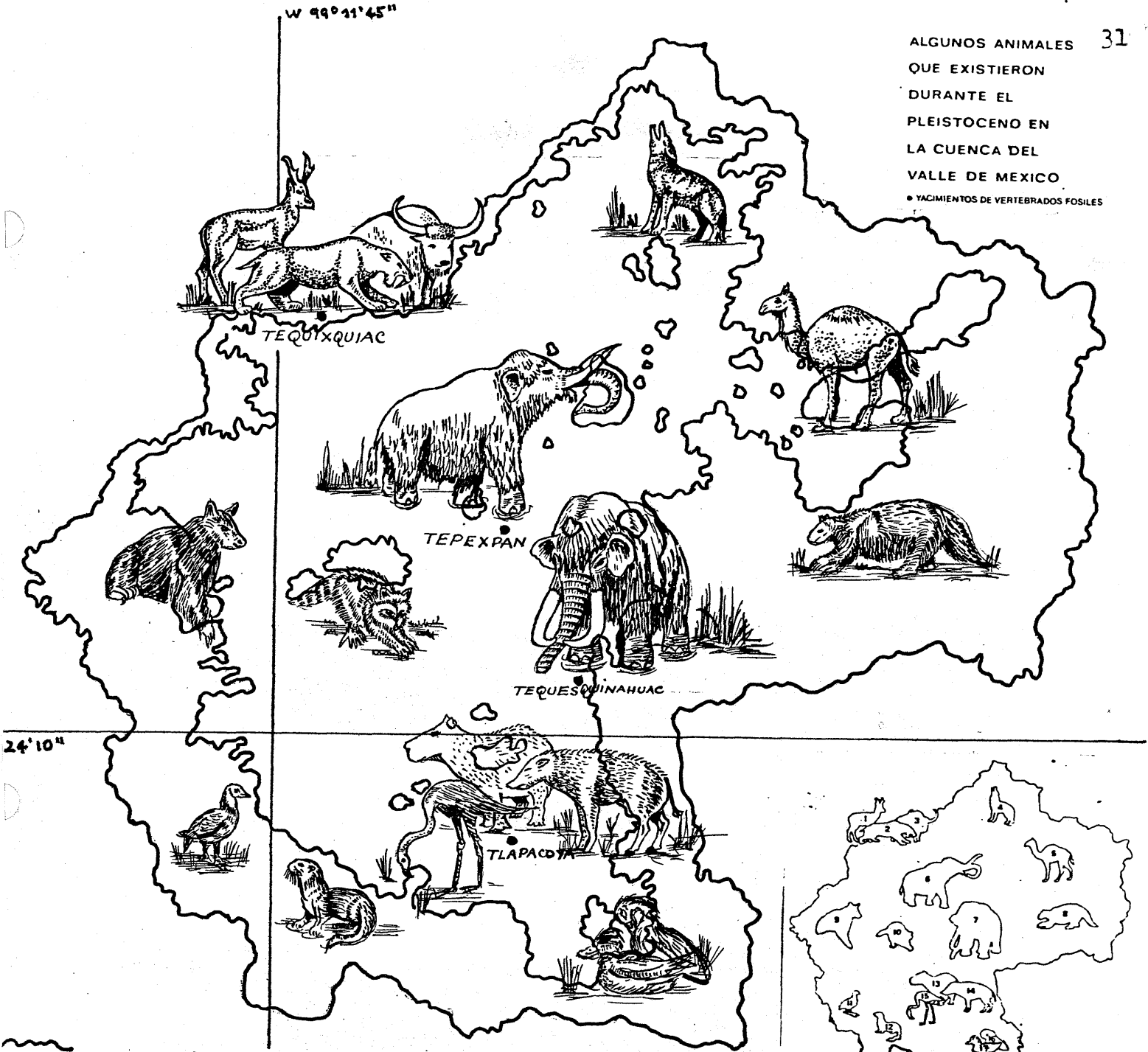
## CAPITULO II

### ACTIVIDADES ECONOMICAS RELACIONADAS CON EL LAGO DE TEXCOCO

Parece ser que el valle de México ha sido una de esas zonas donde el hombre primitivo se congregó y prosperó. Estos primitivos colonizadores eran cazadores en un época en que grandes mamíferos, bisontes, coyotes, mastodontes y mamutes, jabalíes e incluso camellos abundaban en las cercanías de los lagos (véase mapa 4). Sin embargo, el final del Pleistoceno contempló cambios de clima con condiciones extremadamente secas, tal como están representadas por los estratos o capas de roca Caliche III y causó la extinción de la mayor parte de estos vertebrados. Por eso, el hombre, con su suministro de alimentos altamente reducido, debe de haberse inclinado más a recoger semillas y otros productos de los bosques. Tenía, en el valle de México, dos de los elementos necesarios para el comienzo de la agricultura: suelos fértiles de los lechos de los lagos de agua dulce y semillas. Wolf (WOLF, p. 60) ve este período alrededor de 6,000 años, a. de C., como uno en el que el hombre comenzó espontáneamente a interferir en el ciclo del crecimiento de las plantas silvestres, escogiendo las vainas del maíz salvaje más grandes y pesadas, por ejemplo, para plantarlas más lejos de la base de la planta matriz que lo que hubiera ocurrido en la naturaleza. De aquí que la especie se mejoró por el proceso de selección genética, ayudado por el hombre, aumentó la producción de alimentos que, a su vez, permitió densidades más grandes de población. Las primeras cosechas fueron de maíz, chile, calabaza, frijoles, ajonjolí, chíá y tomates, los mismos alimentos básicos de la dieta mexicana que se cultivan hoy en día

ALGUNOS ANIMALES QUE EXISTIERON DURANTE EL PLEISTOCENO EN LA CUENCA DEL VALLE DE MEXICO

● YACIMIENTOS DE VERTEBRADOS FOSILES



Extensión del Lago Texcoco en el Pleistoceno

- |  |   |
|--|---|
| 1. Berrendo- <u>Antilocapra</u>            | 9. Oso- <u>Ursus americanus</u>               |
| 2. Tigre dientes de sable- <u>Smilodon</u> | 10. Mapache- <u>Procyon lotor</u>             |
| 3. Bisonte- <u>Bison</u>                   | 11. Gallareta- <u>Fulica americana</u>        |
| 4. Coyote- <u>Canis latrans</u>            | 12. Nutria- <u>Lutra canadensis</u>           |
| 5. Camello- <u>Camelops</u>                | 13. Carpincho- <u>Neochoerus</u>              |
| 6. Mastodonte- <u>Mammuthus</u>            | 14. Jabalí o pecari- <u>Platygonus</u>        |
| 7. Mamut- <u>Mammut</u>                    | 15. Flamenco- <u>Phoenicopterus</u>           |
| 8. Edentado- <u>Paramylodon</u>            | 16. Pato boludo, hembra                       |
|  | 17. Pato boludo, macho, <u>Aythya affinis</u> |

entremezclados en la "huerta" familiar o calmil.

La proximidad del agua del lago produjo el siguiente paso lógico, la irrigación. Debido a que las lluvias caen en ciclos, ya sea en el ciclo de seis meses de lluvia y seis secos, o en años secos seguidos por otros húmedos, el nivel de los lagos en el valle de México estaba fluctuando constantemente. Parece lógico que durante estos períodos de sequía, los agricultores primitivos trataran de extender las aguas de los lagos hacia tierra adentro por medio de canales y acueductos. Con el desarrollo de tecnologías de irrigación más o menos complicadas, de terrazas y las chinampas, la población siguió aumentando. Pero, por otro lado, de acuerdo con los estudios de Palerm, Wolf y Wittfogel, las complejas instalaciones y la mano de obra en grandes cantidades necesarias para crearlos no se hubieran podido construir si no fuera por un estado político fuerte, poderoso y orientado militarmente. Esta organización estatal, a su vez, no hubiera podido crecer y tener éxito sin una base agrícola con excedentes de producción para alimentar a la población. (PALERM, p. 188-195).

Una de las zonas más antiguas donde puede haber existido este tipo de agricultura es hoy el área del Pedregal de San Angel que se extiende hasta el centro ceremonial de Cuiculco. Estos restos primitivos, que se identifican fácilmente como del período arcaico tardío, dos o tres siglos antes de Cristo, indican poblaciones que vivían en pueblos y que cultivaban maíz. Hay unos pocos lugares de elevaciones más altas donde la lava que fluye del cono volcánico Xitle, no cubre el terreno. Palerm y Wolf (PALERM AND WOLF, pp. 100-104) en 1956, encontraron evidencia posible de terrazas y canales que se extendían debajo de la lava. Más estudios en esta área hubieran sido muy fructíferos puesto que el flujo de lava está fechado claramente y muy poca actividad agrí-

cola subsecuente ha tenido lugar en estos sitios. Desgraciadamente, el crecimiento de la ciudad de México ha eliminado, en gran medida, la evidencia de esta actividad muy temprana.

En el valle de Teotihuacán, hacia el noreste, hay señales claras de proyectos de irrigación que datan del período tolteca, pero, extrañamente, de nada anterior.

Es difícil imaginar un área urbana tan compleja como la de Teotihuacán, anterior a la llegada de los toltecas, con sus amplias avenidas, edificios majestuosos, complejas zonas habitacionales e incluso sistemas de drenaje que subsistieran solamente en una base agrícola primitiva. Pero, de la sociedad pre-clásica de Teotihuacán, no hay evidencia de un sistema agrícola complejo con irrigación; posiblemente, los subsecuentes descubrimientos de las últimas sociedades toltecas y aztecas podían haber sido construídos sobre las instalaciones que ya existían.

El territorio de Acolhuacan era el área relacionada más cercanamente con el lago de Texcoco, pues está situada a lo largo de la ribera este y sur del lago, desde el río Nexquipoyoc y las colinas de Patlachique en el norte hasta las de Chimlahuacán hacia el sur. Este señorío estuvo dividido, en diferentes épocas, en una sección norte (Texcoco) y en una sur (Coatlichán-Huexotla). Un estudio de esta área norte (PALERM AND WOLF, pp. 111-141) revela complejas construcciones de irrigación a través de toda la zona. El área en sí misma está dividida geomorfológicamente de acuerdo con la altitud y la distancia sobre la orilla del lago. Esta misma orilla del lago era, como lo es el lecho del lago hoy en día, una faja ampliamente variable de suelos extremadamente salinos, generalmente inapropiados para la agricultura y sometidos a inundaciones periódicas. Sobre esto encontramos el somontano, cortado por los valles de los nueve ríos del este. Más arriba están las áreas mon-

tañosas más altas donde la precipitación pluvial es relativamente fuerte, aunque su localización en el área de sotavento de la Sierra Nevada y la Sierra Madre Oriental, significa que reciben menos lluvia que las laderas occidentales del valle. De estas áreas el somontano recibe la menor cantidad de lluvia; puede haber lluvias intensas en el valle mismo y lluvia considerable en las montañas más altas, mientras que el somontano permanece seco y caluroso. Los ríos que cruzan esta área son tumultuosos y violentos durante los períodos de lluvias en las montañas, pero, el resto del año, son lechos secos. Ni el borde del lago o el somontano son, por lo tanto, hoy en día apropiados para la agricultura, pero las indicaciones son que, por lo menos en el somontano, había densas poblaciones en la época precortesiana y, por lo tanto, una agricultura intensa. Los ríos tenían que ser controlados y el agua dulce tenía que ser traída de los manantiales claros de las montañas y las tierras tenían que estar dispuestas en terrazas para ganar espacio y prevenir la erosión. Los estudios de campo llevados a cabo por Palerm y Wolf (PALERM AND WOLF, p. 123) muestran la existencia de por lo menos tres grandes sistemas de irrigación que derivaban su agua de los manantiales de las montañas. Muchos de estos sistemas todavía están en uso hoy en día en los pueblos y usan un método complejo de mantenimiento y distribución del agua basado en el mes precortesiano de veinte días.

Las indicaciones muestran que tanto las instalaciones de esta área como las de Teotihuacán fueron reacondicionadas y extendidas durante los reinados de Moctezuma I en Tenochtitlán y Netzahualcóyotl en Texcoco. Esta fue la época de una de las crisis más grandes en el México precortesiano; el "Gran Hambre", alrededor de 1450 d. de C., cuando los métodos previos de cultivo pro-

baron ser inadecuados para alimentar al pueblo y miles murieron de hambre. A través de todo el territorio del valle de México, durante este período, hubo una extensión de todos los sistemas hidráulicos, y la aplicación de una tecnología más complicada en irrigación, construcción de canales, represas y acueductos y las chinampas. Con la creciente presión del crecimiento demográfico, debido tanto a altos porcentajes de nacimientos como a la inmigración de tribus desde el norte, había el sempiterno peligro del hambre, pero, al mismo tiempo, había un número creciente de trabajadores para llevar a cabo estos proyectos. Los sistemas gubernamentales de los diferentes estados alrededor del lago eran fuertes y bien organizados y suficientes para usar esa fuerza de trabajo.

Casi trescientos años antes, un grupo de tribus de los así llamados bárbaros (chichimecas), los Méxicas, habían llegado al valle de México y habían encontrado el área inhospitalaria, no por razones del medio ambiente sino más bien políticas. Las ciudades-estado controlaban sus esferas de influencia celosamente y, con frecuencia, estaban en guerra entre sí. El pueblo mexicana fue atraído a esta área por los lagos y la insistente petición de su dios Huitzilopochtli. Habían llegado de la legendaria Aztlán, situada en medio de un lago y se consideraban a sí mismos habitantes lacustres. Debido a la ya densa población y a su propia conducta agresiva, generalmente eran condenados al ostracismo por los habitantes del valle y sólo se les permitía habitar las tierras menos atractivas. Ellos se cambiaron a Tecpoyocan, a las tierras del señorío tepanecano de Azcapotzalco, a Pantitlán, Amalinalpan, Acolhuacan, Popotlan, Atlacuihuayan y después a Chapultepec que era, en esa época, una isla.

Por lo menos, allí tenían manantiales de agua potable y al-

gunas tierras buenas para sus jardines. Ellos continuaron, sin embargo, con su conducta inquieta y agresiva y se ganaron el odio de todos los habitantes del lago que se unieron para desplazarlos de la isla y desterrarlos a una tierra pantanosa infestada de cuculebras llamada Tizaapan donde fueron sometidos al vasallaje del estado de Culhuacan. Pero aun allí triunfaron sobre el medio ambiente y continuaron hostigando a otros habitantes y de nuevo fueron expulsados por la fuerza de sus tierras. De aquí fueron llevados al sitio final de su destino, Tenochtitlán (MEMORIA, vol. I, pp. 21-26).

Construyeron, en lo que pudiera haber sido unas islas bajas o sencillamente áreas pantanosas del lago. En todo el mundo, muchos habitantes de lagos construyen sus casas directamente sobre la superficie del agua hundiendo palos en el barro del lago y rodeándolos con rocas y peñas. Esto es especialmente práctico donde el nivel del lago sube y baja. El Padre Durán y Chimalpahin (MEMORIA, vol. II, p. 27) narran los esfuerzos de esta gente para construir pequeñas parcelas de tierra, secando el lodo con fuego. Muchos se ahogaron en esta empresa; la vida debe de haber sido muy difícil para ellos. Lo primero que hicieron después que lograron secar la tierra fue construir un templo primitivo a Huitzilopochtli, el dios que había determinado la situación exacta de su futura ciudad.

Aquí comenzó la primera construcción de chinampas, aunque la técnica puede haber existido ya en otras áreas alrededor del lago o puede haber sido traída desde su vieja tierra lacustre de Aztlán. Las chinampas son parcelas rectangulares construídas de capas alternadas de lodo del fondo del lago y de plantas acuáticas muy ricas en material orgánico. Humboldt (HUMBOLDT, p. 134) creyó que podían haberse originado en piezas flotantes de césped y plantas



acuáticas que los aztecas en su desesperación por disponer de tierra, capturaron y usaron. Pero las verdaderas chinampas no eran flotantes sino que más bien estaban ancladas con estacas o con árboles, sauces, ahuehuetes o álamos y mantenidas juntas a lo largo de los lados de las paredes de mimbre de entretejido (DAVIS, p. 38). Como terrenos agrícolas proporcionan una de la productividad más alta del mundo; ecosistemas pequeños, cerrados, su material de desperdicio va a las aguas del lago para que se recicle en los lodos del mismo y las plantas acuáticas.

No parece probable que las primitivas chinampas en el lugar de Tenochtitlán fueran usadas para la agricultura; construídas en medio de un lago de agua salada, el cultivo de estas parcelas estaría limitado a áreas donde se podía disponer de agua dulce para limpiar las impurezas del suelo. Pero era posible crear pequeños solares rectangulares de aproximadamente 500 metros cuadrados cada uno (SANDERS, p. 122) para sus chozas y construir gradualmente un área urbana. La isla de Tláhuac situada entre el lago Chalco y el lago de Xochimilco y que eventualmente separaba a los dos lagos, muy probablemente fue construída en esta forma, haciendo parcelas de chinampas para formar promontorios, en realidad un proyecto largo y difícil (ARMILLAS, p. 653-661).

Entonces, Tenochtitlán y también su ciudad hermana Tlatelolco fueron construídas lentamente, repitiéndose el modelo rectangular de las chinampas en la proyección de canales y calles. Este enrejado fue puesto en una dirección norte-sur, este-oeste, que en gran parte se conserva hoy, con los grandes templos en el centro y dividido en cuatro "barrios", Cuepopan, Moyotlan, Zoquiapan y Atzacualco. Se construyeron más tarde tres calzadas para conectar la isla con la tierra firme, una en la dirección de Tlacapan, otra hacia Tepeyacoc y la tercera que se dividía en un atajo des-

de la ciudad, con un camino que llevaba hacia Iztapalapa y otro hacia Coyohuacan (MEMORIA, vol. II, p. 46). Hacia el este y del dominio de Texcoco. dependían por completo de canoas para todo el tráfico.

Sin embargo, sus materiales primarios de construcción, madera y piedra, estaban totalmente ausentes de aquel lugar. Para lograr estos materiales de tanta necesidad, los primitivos mexicanos decidieron convertirse en comerciantes, llevando los productos del lago, pescado, ranas, patos y otros animales acuáticos abundantes, a los mercados de las diferentes ciudades y volviendo con botes cargados de maderas y piedras.

Las mercancías más notables eran, desde el punto de vista de la agricultura tradicional, extremadamente no convencionales. Por ejemplo, "Tecuitlatl", una pasta fina de los barro lacustres mezclada con algas microscópicas, que es extraída y secada en capas y después se corta en bloques o se hacía pastelitos. Su contenido proteínico es mayor que el del maíz, frijol, huevos o carne. O "ahuauhtil", los huevos de la mosca axayácatl, que se secan y se comprimen en un pastelito y que es muy alto en calcio, tiamina y riboflavina. Otros productos extraños son los "acociles", pequeños camarones de agua dulce, "ezacahuitl", gusanos de color rojizo, "meocuilin", los gusanos del magüey, "Romeritos" o suedra negra y el legendario "axolotl", vertebrados anfibios parecidos a las salamandras. No teniendo los animales corpulentos del viejo mundo, vacas, cerdos u ovejas, se vieron obligados a buscar la proteína en cualquier otra parte. Había un número limitado de animales silvestres en el valle: conejos, tlacuaches, comadreja y venados, pero, sin duda alguna, sólo los nobles podían gozar esta clase de golosinas. El proveer comida para la creciente población era una preocupación constante para el gobierno. Aun con el empleo de

métodos agrícolas intensos, el valle de México no podía proporcionar la cantidad o variedad de materiales alimenticios necesarios y se convirtió en una necesidad la importación de otras áreas. Los alimentos enumerados por Díaz del Castillo que se servían a Moctezuma II en su palacio, en su mayor parte, eran traídos de "tierras calientes" (BERNAL DÍAZ, p. 167). Por eso, la conquista militar de esas áreas era necesaria para asegurarse un abastecimiento constante.

No solamente productos alimenticios, entre otras cosas, eran parte de un activo comercio exterior que se desarrolló según Tenochtitlán iba alcanzando su zenith. Algodón de las tierras bajas que reemplazaba a la burda fibra del magüey, caracoles y conchas de la costa, granos de cacao que se usaban como dinero, plumas, piedras preciosas, tabaco, tela y cuerda de henequén y, sobre todo, esclavos que se compraban en el mercado de Tlaltelolco. Puesto que el valle de México tenía pocos recursos para el intercambio, los comerciantes con frecuencia, trataban con el tributo militar, entregado a veces contra su voluntad, a los gobernantes aztecas. Con frecuencia, los estados sometidos eran obligados a cambiar sus productos más valiosos por cosas como los pastelitos de algas o gusanos de magüey, de modo que el comercio era raramente libre (PADRE DURAN, vol.II, pp. 326-347). El imperio azteca no hubiera podido sobrevivir sin el comercio, pero los comerciantes no hubiesen prosperado sin el apoyo de los jefes militares.

Una excepción a la falta general de recursos comerciales en el valle de México era la sal; las aguas saladas del lago de Texcoco eran la mayor fuente de sal en la Altiplanicie Meridional. No se menciona que la sal fuera usada para preservar los alimentos como en Europa, pero la sal era considerada esencial para la

dieta, predominantemente vegetariana. Alexander von Humboldt menciona las fábricas de sal cerca del Peñón de los Baños en el que el agua, con un contenido del 12 ó 13 % de sal, era drenada de los lodos del lecho del lago y calentada en grandes calderas de cobre, de poca profundidad, en hogueras de excrementos de mula y vaca. Y señaló que esta tecnología era exactamente la misma que en la época precortesiana, excepto que las calderas estarían hechas de barro y el combustible sería de leña (HUMBOLDT, p. 135).

Eric Wolf en su libro Sons of the Shaking Earth habla de "áreas favorecidas sobre su hinterland con tierra, cosechas y medios de transporte relativamente abundantes, áreas capaces de generar más energía que la que pudiera usarse dentro de cada misma área". (WOLF, p. 18). La más perdurable de estas áreas en Centroamérica ha sido el valle de México. Y sigue diciendo: "Cuando los poblados crecieron a lo largo del borde del valle, los lagos los unieron fácilmente en una cadena de relaciones sociales. El valle montañoso poseía todas las ventajas militares de líneas de comunicación cortas e internas, rodeadas por un perímetro montañoso de defensa" (WOLF, p. 6).

La clave, por tanto, del "milagro" de México-Tenochtitlán eran los lagos que daban un dominio de espacio para algo más grande que el de una sociedad agrícola sencilla. El uso del lago para el transporte por barco en una tierra donde no existían animales de carga o incluso la rueda, significaba sencillamente que aquella gente podía mover cargamentos, personas e incluso soldados más rápidamente y con menos esfuerzo que otros estados del interior.

La importancia del flujo de canoas que entraban y salían de Tenochtitlán está indicada por el número de puntos de embarque dentro de la ciudad. Uno de los mejor conocidos estaba situado muy cerca del mercado de Tlaltelolco en el área que ahora conocemos

como La Lagunilla. Por este puerto entraban grandes cantidades de provisiones, frutas exóticas, flores de todas clases. Alfonso Reyes, en su Visión de Anahuac, describe el mercado tal como lo vieron los españoles por vez primera: "Es como un mareo de los sentidos, como un sueño de Breughel, donde las alegorías de la materia cobran un calor espiritual"... "las formas se funden entre sí; se estallan en cohetes los colores; el apetito despierta el olor picante de las yerbas y las especias... en las bateas redondas de sardinas giran los reflejos de plata y de azafrán, las orlas de aletas y colas en pincel; de una cuba sale la bestial cabeza del pescado, bigotudo y atónita" (REYES, p. 14). Sin embargo, no todo olía bien; desde este puerto también salían las canoas cargadas de excrementos humanos, recogidos cuidadosamente como en los países orientales y vendidos para fertilizar los jardines o para curtir pieles. Y se evitó lo que podía haber sido un problema de contaminación de las aguas del lago.

El segundo punto de embarque más usado estaba en Tetamozolzo, en el lado este de Tenochtitlán que recibía todo el tráfico de barcos que venían de Texcoco, puesto que no había una "calzada en esta parte del lago. Otro puerto muy importante estaba en Ayotzinco en la orilla sur del lago de Chalco donde la mercadería que llegaba de la "tierra caliente" era transportada en barco a través del lago. (véase mapa 5).

También las calles, tal como las describieron los españoles, (y en realidad no tenemos otra descripción pues la ciudad fue destruída casi inmediatamente después por esos mismos españoles), estaban medio pavimentadas y con canales en medio. "La gran ciudad de Temistitan Messico tenía y tiene muchas y hermosas calles anchas, ahora que, fuera de dos o tres principales, todas las demás eran la mitad de tierra, como enladrillado, y la otra mitad de agua



MAPA 5 - TENOCHTITLAN (Memoria, Vol. II, p.41).

y salen por la parte de tierra y por la parte de agua en sus barquillas y canoas... hay otras calles principales, que todas son de agua, que no sirven sino para transitar en sus barcas y canoas, según el uso de ellos, como se ha dicho, pues sin ellas no podrían entrar y salir de sus casas. Y de esta manera son todos los demás pueblos que están en este lago en la parte de agua dulce". (MEMORIAS, vol. II, p.47). Cada casa tenía, por lo menos, un bote, lo cual significaba que sólo en México había unos 50,000 y unos 200,000 en todo el área del lago. (GOMARA, vol. I, p. 248).

Debe de haber habido un gremio especial de constructores de barcos aunque éstos nunca fueron más que troncos vaciados o balsas muy primitivas y por eso nunca podían ser más grandes que un tronco de árbol. Los bergantines de Hernán Cortés eran mucho más sofisticados de lo que estaban acostumbrados los aztecas.

Las "calzadas" tenían diferentes aperturas o puentes para que pasaran los botes, con compuertas que podían abrirse o cerrarse. Por eso, las "calzadas" servían para tres fines: como caminos desde la isla a las orillas, como control de los niveles y de la salinidad del agua, y como defensas militares puesto que, al cerrar las entradas, la ciudad estaba segura por el lado del agua y era fácil defenderla por el lado de la tierra, como iba a descubrir Cortés.

Todavía es sorprendente cómo algunas de las grandes piezas de piedra que adornaban los templos en el gran centro ceremonial de la ciudad, el Zócalo de hoy en día, pudieron haber sido transportadas desde muy lejos, pero no se sabe si fue a lo largo de las calzadas o por lanchones y balsas. Humboldt (HUMBOLDT, p. 114) comenta que pocas naciones han sido capaces de mover masas más grandes que estos aztecas, pero no se atreve a decir cómo lo hicieron.

En cualquier hora del día tuvo que haber sido impresionante ver miles de botes moviéndose en el lago, cada uno de ellos diferente, según el diseño de su propietario, su categoría y el uso comercial del mismo. Pero el nivel del lago estaba bajando más, especialmente después de que llegaron los españoles y comenzaron a hacer cambios drásticos. Anteriormente, Tenochtitlán había sido una ciudad completamente en armonía con su medio ambiente acuático, aunque incapaz de proporcionar más que una pequeña parte de las necesidades diarias de su pueblo y totalmente dependiente del comercio por canoa desde el área de Chalco-Xochimilco, Chimalhuacán y Texcoco. Cortés pudo usar esta dependencia en provecho propio cuando puso sitio, con éxito, a la ciudad, con sus barcos de guerra, los bergantines.



### CAPITULO III

#### LA INFLUENCIA DEL HOMBRE AL CAMBIAR EL DRENAJE DE LA CUENCA DEL LAGO DE TEXCOCO

Los aztecas, al establecer una ciudad hormigueante en medio de un lago salino cuyo balance hidrológico fluctuaba ampliamente, se enfrentaron a dos serios problemas. Uno era la salinidad de las aguas del lago; había tres manantiales de agua dulce pero que apenas eran suficientes para las necesidades de toda la población. El otro eran las frecuentes y devastadoras inundaciones, un castigo incluso para un pueblo que estaba acostumbrado a tener agua alrededor. Antes de mediados del siglo XV hubo inundaciones serias que produjeron estragos en las chinampas construidas cuidadosamente.

Afortunadamente, el gobierno de Tenochtitlán era, en esa época, poderoso y estaba en paz con sus fuertes aliados, los texcoanos. Moctezuma II (Motecuhzoma Ilhuicamina) y el rey de Texcoco, Nezahualcóyotl, pudieron reunir suficientes hombres y tecnología para construir un dique, comenzando en Atzacualco en el norte y que se extendía hasta Iztapalapa en sur. Este dique, el Albarradón de Nezahualcóyotl, tenía doce kilómetros de largo y veinte metros de ancho (HUMBOLDT, p. 139) y estaba construido con rocas y piedras cubiertas de barro con filas de estacas en la parte exterior. La magnitud del proyecto puede apreciarse recordando que todos los materiales, rocas pesadas y estacas de madera, tenían que traerse desde una distancias de 15 a 20 kilómetros. Miles de hombres trabajaron en el proyecto, nobles y gente común

por igual, lo cual explica la rapidez con que se llevó a cabo. No solamente sirvió para prevenir inundaciones sino que, junto con las calzadas que dividían el oeste del lago, mejoró la calidad del agua que rodeaba a la ciudad. Se creó un lago nuevo, que tomó el nombre de lago de México, separado del lago de Texcoco hacia el este. Las aguas de los lagos del sur, Chalco y Xochimilco, continuaron fluyendo en esta nueva sección del lago, Lago de México y la ciudad gozó de agua más dulce y limpia.

Desgraciadamente, los años de lluvia fueron seguidos por un ciclo de años secos y los años del "Gran Hambre" tal como se ha mencionado en el capítulo II. Los canales se secaron, las chinampas se vieron amenazadas y el suministro de agua de Tenochtitlán se redujo severamente. En un esfuerzo para resolver estas dificultades, Moctezuma II, de nuevo con la ayuda de Nezahualcóyotl, construyó un acueducto desde Chapultepec hasta la ciudad de Tenochtitlán que terminaba en el Templo Mayor. Este acueducto, terminado en 1466, consistía de dos canales paralelos, con uno en uso, mientras se limpiaba el otro. El agua del manantial de Chapultepec era excepcionalmente cristalina y clara. Había diferentes puntos a lo largo del acueducto donde acudía la gente para llenar sus vasijas con agua o, los que tenían concesiones, llenaban toneles y barcadas de agua para distribuirla en la ciudad. Este acueducto tuvo tanto éxito que se construyeron otros desde San Agustín de las Cuevas hasta Huitzilopochco y desde allí a Tenochtitlán y otro desde Azcapotzalco hasta Tlaltelolco.

En el reinado de Ahuízotl, el octavo señor de Tenochtitlán, se abrió otro canal desde Huitzilopochco con una gran ceremonia, incluyendo, como de costumbre, los sacrificios de niños. Pero al no tener la tecnología inspiradora de sus predecesores, el canal de Ahuízotl fue muy mal planeado, pues llevaba tal cantidad de a-

gua que la ciudad se inundó y se ahogó mucha gente. Repitieron la ceremonia, con más sacrificios y con nadadores que, debajo del agua, taparon la entrada del canal y lo cerraron. Poco a poco, los aztecas aprendieron a tratar con la fuerza del lago, usándolo en ventaja propia y controlándolo en forma efectiva.

Hubo otros proyectos hidráulicos entre la gente que vivía alrededor del lago que mostraron, si no un alto grado de tecnología, por lo menos una mano de obra suficiente. La desviación del río Cuautitlán fue uno de estos proyectos; usando una gran cantidad de trabajadores, pudieron controlar este río tan poderoso y usar sus aguas para el riego. Reconociendo que las inundaciones eran producidas frecuentemente por este río que vertía sus aguas sobrantes en el lago Zumpango, construyeron una presa y así desviaron las aguas hacia un canal completamente nuevo. (ANALES DE CUAUHTITLAN, p. 49). Todas estas instalaciones fueron destruidas después de la llegada de los españoles.

Quedaba para los españoles inaugurar los cambios más grandes. Al llegar y conquistar, tenían que establecer un nuevo imperio sobre las ruinas del viejo. Por razones políticas, no geográficas, construyeron su nueva ciudad en el lugar de Tenochtitlán y cuando se enfrentaron con el peligro de su posición en medio de un lago, emprendieron una de las empresas más grandes de todos los tiempos, la imposición de un drenaje externo del Valle de México y la desecación definitiva de todos los lagos.

Uno de los primeros actos antiecológicos fue la destrucción del Albarradón de Nezahualcóyotl, primero para permitir el paso de los bergantines y después para usar la piedra para la reconstrucción de la ciudad. En 1555, la ciudad se vio expuesta a la primera inundación seria; entonces vieron la prudencia detrás del dique y el primer Virrey, Velasco I, hizo que se construyera un

nuevo dique, el Albarradón de San Lázaro, mucho más próximo a la ciudad, estableciendo así sus límites orientales; este dique también cayó en un estado en que no se reparaba y se dañó bastante en la siguiente inundación de 1580; fue reparado de nuevo pero no fue lo suficientemente efectivo para evitar la inundación de 1604 que causó grandes daños.

Estos terribles desastres naturales causaron una pérdida considerable de propiedades y de vidas en el nuevo México de los conquistadores, construido con amplias calles adoquinadas que eran convenientes para carruajes y caballos, y con las casas de estilo español de un sólo piso, opuestas a las calles de Technotitlán de los aztecas, que eran medio canal y con sus casas construidas sobre el agua.

Puesto que parecía que estas inundaciones iban a ocurrir regularmente (HUMBOLDT, p. 138), se tenían que encontrar algunas soluciones. Una de las primeras fue el traslado sugerido de la capital a un lugar más elevado en Tacubaya, Tacuba, Texcoco e incluso Cuernavaca o Puebla. Este cambio, aunque lógico desde el punto de vista de crear condiciones aceptables de vida, no lo aceptaban los que detentaban el poder en la Ciudad de México, por razones de tipo económico. La reconstrucción de la ciudad significaría una pérdida demasiado grande de propiedades para lo cual no había dinero para reemplazar piedra por piedra en el nuevo lugar. Las provincias eran pobres; se asignaba muy poco dinero por parte de la Corte Real de Madrid para este u otros proyectos. También el maltrato inicial de los indios impedía reclutar la mano de obra barata necesaria para una empresa de esta categoría. De nuevo, en 1635, después de una gran inundación de cinco años de la ciudad, la Corte de Madrid ordenó al Cabildo o gobierno de la ciudad, el cambiarse a otro lugar, pero, de nuevo, los comercian-

tes temieron la pérdida de sus propiedades y votaron en contra.

Por eso, parecía que el mejor camino que se podía seguir era el de continuar con los proyectos de control de las inundaciones que los aztecas habían usado con tanto éxito para proteger la ciudad. Pero ellos lo estaban pasando por alto o eran ignorantes de un nuevo factor: la creciente intensidad de las inundaciones de la Ciudad de México, producidas, en gran parte, por los mismos españoles; al talar los árboles y la cubierta de arbustos en el valle, los hacendados y los ganaderos estaban ganando más tierra para sus actividades. Incluso se tenía miedo a los bosques "oscuros" que podían servir para que se escondieran bandoleros y enemigos o que incluso podían usarlos los indios para huir del sol ardiente y del trabajo en los campos (CALDERON DE LA BARCA, p. 790). La construcción de la ciudad y las instalaciones para las minas exigían grandes cantidades de madera. Cualesquiera que fuesen las razones, el despojo de las tierras y de las colinas tuvo un impacto ecológico de largo alcance. La lluvia, que caía fuertemente en el suelo que no estaba protegido por árboles y arbustos, en vez de filtrarse lentamente en los mantos freáticos, se deslizaba rápidamente hacia los ríos y los lagos llevando enormes cantidades de sedimentos. Esto aceleró el proceso de sedimentación, que llenaba los lagos y por lo tanto redujo la capacidad del lago para absorber el agua de las inundaciones. El descenso en el nivel freático a su vez produjo compactación de la arcilla lacustre del subsuelo y el hundimiento de la ciudad en relación con el nivel del lago.

Una tercera alternativa a disposición de los habitantes de la Nueva España era abrir un canal hacia el exterior del Valle de México donde todas las aguas sobrantes pudieran llevarse al océano. Cuando se hizo aparente en la gran inundación de 1607

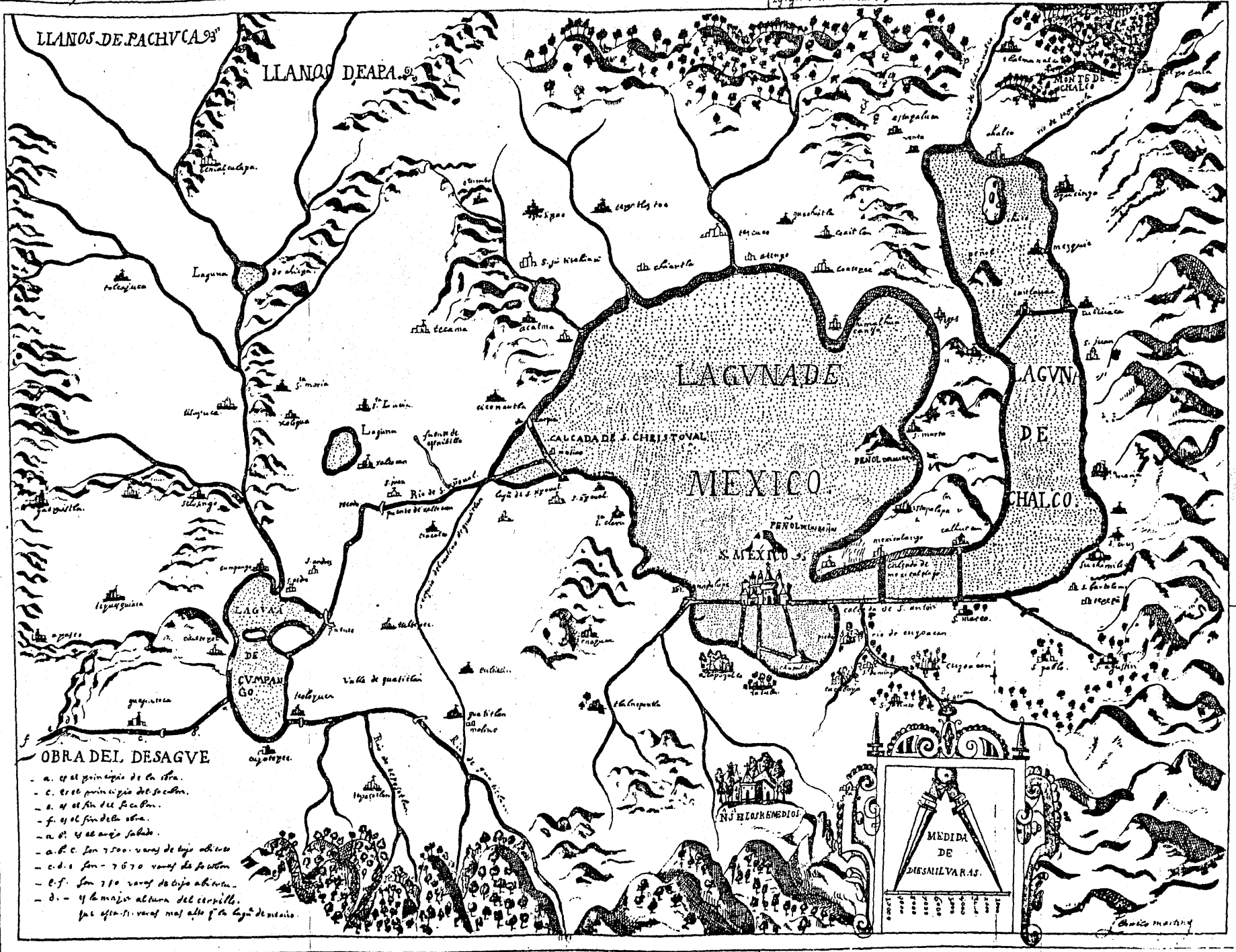
que los diques y los canales solos no podían prevenir que las aguas del lago y de los ríos inundaran la ciudad, la idea de un drenaje exterior se hizo más atractiva. En este año, el Virrey, recién nombrado, Don Luis de Velasco, en una de sus primeras propuestas al cabildo, sugirió que se formara un Comité para estudiar las diferentes posibilidades para abrir un canal de drenaje a través de las montañas que rodeaban el Valle de México. Los pasos bajos hacia el noroeste, que cruzaban las colinas de Nochistongo cerca del pueblo de Huehuetoca, era el área más práctica para excavar un canal y un túnel.

Se propusieron diferentes planes, pero el que se escogió fue el de Enrique Martínez, un conocido ingeniero, astrónomo, arquitecto y científico, que pasaría el resto de su fructífera vida en este proyecto del canal de desagüe. (véase mapa 6). Su plan consistía en la excavación de un canal desde el lago Zumpango y el río Cuauhtitlán que se dirigiera a un túnel excavado por las montañas, terminando en el arroyo de Nochistongo y que sacara, desde aquí, las aguas al río Tula y finalmente al río Pánuco y al Golfo de México. Había diagnosticado correctamente al río Cuauhtitlán como el punto estratégico en todo el sistema hidrológico del Valle, pero, como en todos los planes presentados, sus objetivos no estaban claros. Básicamente, la idea era remover el exceso de agua del lago de Texcoco siempre que se presentaran las condiciones de inundación, pero no estaba claro en ese tiempo si se haría sencillamente controlando las aguas del lago Zumpango, de modo que no se vertieran en el lago de Texcoco o realmente secando todo el sistema de lagos. La complejidad del proyecto también dependía de la cantidad de dinero disponible. Se impuso un impuesto a los dueños de terrenos de la Ciudad de México; se trató a trabajadores, especialmente a los que tenían experiencia

19. gr. 15. m. lat. sud Septentrional.

NORTE

JVR.



OBRA DEL DESAGVE

- a. es el principio de la obra.
  - c. es el principio del socorro.
  - e. y el fin del socorro.
  - f. y el fin de la obra.
  - a. b. y el ancho de la obra.
  - c. d. e. son 7500 varas de bajo abierto.
  - e. d. f. son 7670 varas de socorro.
  - e. f. son 780 varas de bajo abierto.
  - d. - y la mayor altura del cerrillo.
- que esta en varas mas alla q' la Laguna de Mexico.



Compañía de  
Mexico, 1877,  
que es una  
obra de  
ingeniería

MAPA 6 Mapa hecho y dibujado por Enrique Martínez (ver firma).

en las minas, y se comenzó el trabajo el 29 de noviembre de 1607. En un año se abrió una zanja que se extendía por seis kilómetros desde Zumpango a Huehuetoca y se completó un túnel de casi seis kilómetros y medio de largo. Desgraciadamente, por la prisa en acabar la obra, las paredes del canal no se recubrieron y hubo frecuentes deslizamientos y hundimientos del techo del túnel. (MEMORIAS, vol. II, pp. 98-101). Enrique Martínez fue criticado severamente pero él señaló que el corte se había hecho solamente para drenar el Zumpango en épocas de inundación. Sus planes, entonces, eran alargar y profundizar el canal para que al fin se llevara a cabo el drenaje de todos los lagos.

Se llamó a otros expertos para trabajar en el problema, Adrian Boot, de Holanda, Simón Enríquez, el Padre Francisco Ruano, cada uno de ellos elogiando su propia teoría para el drenaje y dispuesto a criticar y predecir el fracaso del plan de Martínez. También el pueblo estaba irritado debido a los constantes impuestos para pagar las reparaciones y los cambios. En el verano de 1629, Martínez, ya fuera accidentalmente o para vengarse de sus críticos, cerró la entrada del túnel. Casi inmediatamente la ciudad sintió el impacto de las aguas. Era la estación de lluvias y en septiembre cuando caían lluvias terribles, la ciudad se inundó. Después de cinco años de calles inundadas, epidemias y hambre, estaba impresionante. La ciudad, en realidad, dejó de existir y se dice que en un solo mes murieron treinta mil personas. Enrique Martínez fue encarcelado, pero después fue puesto en libertad para llevar a cabo las reparaciones del túnel de drenaje. Murió en 1632 mientras la ciudad estaba todavía bajo la influencia de las aguas de la inundación.

Se llevó en una canoa la imagen de la Virgen de Guadalupe desde su santuario al palacio del Arzobispo, con la esperanza de



que su presencia hiciera amenguar las aguas, pero esto no tuvo resultado inmediato. El agua siguió creciendo en las calles hasta 1635, cuando finalmente bajó. A pesar del lapso de tiempo entre la llegada de la Virgen y el fin de la inundación, la gente creyó que su presencia los había salvado y así se fortaleció el culto a la Virgen de Guadalupe en la Nueva España. (MEMORIAS, vol. II, pp. 111-113).

Alrededor del mismo tiempo, hubo otros que habían oído las leyendas indias y creían que había un sumidero o una grieta en el fondo del lago en el área entre el Peñón de los Baños y el Peñón del Marqués. Este lugar, llamado Pantitlán, los aztecas lo usaban como un lugar sagrado rodeado de Planti o banderas; se suponía que era el "desagüe" del lago de Texcoco y que el agua salía con tal fuerza que a veces creaba un remolino. Un sacerdote jesuita, el padre Francisco Calderón, llegó a obsesionarse con la idea de encontrar una salida para las aguas del lago. Se formó una Comisión que investigó el área, excavando un pozo de 2.5 metros de profundidad en ese lugar. No hubo indicación alguna de roca porosa a través de la cual el agua pudiera escaparse, aunque había arena blanda porosa diferente de la arcilla endurecida del lecho del lago. En general, puesto que todos los esfuerzos y el dinero al mismo tiempo se entregaban para perfeccionar el Canal de Drenaje de Huehuetoca, la idea de usar un desagüe fue ridiculizada e ignorada como si fuera una superstición de los indios. (Hoy, en esa área, Pantitlán, parcelada y urbanizada, se abren fracturas regularmente, que después son rellenas por los agentes de bienes raíces ansiosos por vender la tierra). (GARAY MALDONADO, pp. 74-75).

Aunque el decreto original había sido en favor de un trato humano de los trabajadores indios, de los cuales sólo alrededor

de medio millón se usó en el primer año. Se suponían que iban a recibir carne a diario y tener tiempo para volver a sus casas y a tener un hospital en Huehuetoca, pero la realidad de las cosas fue muy diferente y muchos trabajadores murieron durante la excavación del canal y los túneles.

Dos siglos más tarde, Alexander von Humboldt comentaba: "Los indígenas tienen un odio mortal al desagüe de Huehuetoca; y miran toda empresa hidráulica como una calamidad pública, no tanto por el gran número de individuos que perecieron por funestas casualidades en la cortadura de la montaña de Martínez, como principalmente porque, forzados a trabajar con abandono de sus ocupaciones domésticas, vinieron a parar a la mayor indigencia, mientras duró aquella obra. Por más de dos siglos han estado ocupados en ella muchos millares de indios; y puede mirarse el desagüe como una causa principal de la miseria de los indígenas del Valle de México". (HUMBOLDT, pp. 151-152).

Las dificultades que se encontraron en el funcionamiento de este canal de drenaje fueron continuas; el canal se llenaba de escombros, los lados eran demasiado empinados y se derrumbaban frecuentemente; la capacidad del túnel no era adecuada para contener las aguas de las inundaciones del río Cuautitlán. Todo el proyecto estuvo envuelto en ineptitud, fraude y corrupción.

En 1714, un severo terremoto destruyó gran parte de las instalaciones del canal. Debido a esto y al estado de abandono de los canales del río Cuautitlán y del canal que iba al lago Zumpango, la ciudad estaba en un peligro de inundaciones tan grande como antes.

Otros diferentes proyectos hidráulicos habían sido construidos en el valle. Se construyeron calzadas de piedra que separaban el lago Zumpango del Lago San Cristóbal y este lago del lago prin-

cipal de Texcoco. Dos canales, uno desde Zumpango y otro desde San Cristóbal, llevaban el agua al canal Huehuetoca. El problema de todas estas trayectorias era el mismo; la afluencia constante de sedimentos que atascaban los desagües y reducían la capacidad de estas instalaciones hidráulicas. Las inundaciones comenzaron a azotar la ciudad con frecuencia mucho mayor: en 1707, 1714, 1747, 1763, 1772, 1795, en el siglo XVIII.

En 1804, Alexander von Humboldt visitó el lugar del canal y sugirió la construcción de un Gran Canal desde la orilla noroeste del lago de Texcoco, a través de los llanos de Ecatepec y Chiconautla para que se juntara con el canal en Huehuetoca. Estos planes grandiosos incluían una continuación del canal que debía ser profundizado y ampliado para hacerlo navegable dando así la oportunidad de transporte en el valle, tan necesitado, pues los caminos eran especialmente malos y estaban llenos de lodo durante la época de lluvias. Su idea de un paso de agua continuo desde Chalco a Huehuetoca era muy diferente de lo que se había propuesto para drenar por completo las aguas del valle.

México entró entonces en un período de confusión y agitación. El dinero que podía haberse dedicado a la construcción del Gran Canal se gastó en la guerra y los trabajadores que hubieran podido emplearse se convirtieron en la carne de cañón del ejército. A finales del virreinato, se usó a los prisioneros de guerra para construir lo que se llamo "zanja cuadrada" desde Nonoalco a La Viga con la idea de absorber el agua de lluvia y proteger la ciudad. Se llenó, también, de barro y escombros; en 1819, la ciudad estaba de nuevo sumergida en agua.

La Independencia de México trajo consigo una reestructuración de las tareas gubernamentales y administrativas que no prestaron atención a tales proyectos como el Canal de Drenaje. El nue-

vo Secretario del Exterior, Lucas Alamán, comentó sobre esta situación en 1823, dos años después de la caída del Virreinato:

"El único canal existente es el que se conoce y se ha hecho famoso con el nombre de desagüe de Huehuetoca. Su objeto es dar curso a las aguas del río de Cuautitlán, impidiendo su entrada en la Laguna de Zumpango, que crecida con ellas las vertía en la de San Cristóbal y éste en la de Texcuco de donde refluían sobre esta capital. Con el fin de impedir las vertientes de unos lagos en otros, se construyeron los diques que los separan, disponiendo las compuertas necesarias para dar salida a las aguas cuando se acumulaban en tal cantidad que amenazan la ruptura de éstos albarradones. Posteriormente se practicó un canal parcial que conduce las aguas de la laguna de Zumpango al canal general de Huehuetoca, y se empezó a realizar la grande empresa del desagüe directo por medio de un canal que partiendo del lago de Tezcucó y atravesando los de San Cristóbal y Zumpango, llevase las aguas al canal de Huehuetoca que debía profundizarse para reducir su nivel al de la laguna de Tezcucó. La guerra de la Independencia impidió que se llevasen adelante estas obras importantes, y durante ella las ya hechas han padecido considerablemente. Las haciendas obligadas a la limpia del río de Cuautitlán por la merced del agua de que disfrutaban, no la han practicado, y el lecho del río está actualmente más alto que los campos por donde corre. Las aguas llovedizas han producido en los bordes del canal de Huehuetoca derrumbamientos tan considerables, que algunos lo obstruyen por espacio de 60 varas de largo y 10 de altura, con lo que las corrientes detenidas y haciendo embate contra las paredes laterales, las van sucesivamente derrocando. El dique de Zumpango más débil de lo que convenía, se halla corroído en toda su extensión y sus compuertas maltratadas. El canal por donde se vierten las aguas

de este lago en el canal general, produce algunas veces por la destrucción de su compuerta, un efecto contrario a su objeto, pues en las grandes crecientes del río Cuautitlán, las aguas de éste se abren por el canal y entran en el mencionado lago. Y, en fin, todo hace temer la inutilización de una obra que costó más de 6 millones de pesos, más de un siglo de trabajos y las vidas de tantos infelices sacrificados en ella, si no se toman con oportunidad las medidas convenientes para su reparación y conservación". (MEMORIAS, vol. II, pp. 143-145).

Uno de los problemas más grandes para llevar a cabo estos proyectos de urgente necesidad, era la falta de una autoridad definida en el valle. En 1824, se estableció el Distrito Federal en forma de círculo con un radio de 2 leguas a partir del Zócalo, rodeado por el Estado de México. La autoridad se dividió y se fragmentó en rivalidades.

El canal y el túnel de Huehuetoca estaban, en realidad, en una condición tan mala que se consideraba que no podía usarse. Cuando se hizo un nuevo esfuerzo para reiniciar el desagüe del Valle por el Ing. Francisco de Garay y el Ing. M.L. Smith, se propuso construir un túnel completamente nuevo, el de Tequixquiac, que estaría alimentado por parte del Gran Canal y que cortaría por las colinas en una posición completamente nueva, aunque casi paralela y que salía en la barranca de Acatlán, desagüando también en los ríos Tula y Pánuco. El plan de Smith incluía la construcción de canales a través de todo el Valle, comenzando con el lago Chalco y terminando en el lago Zumpango, pero no había dinero o la organización necesaria para llevarlo a cabo. Finalmente, en 1853, se creó el Ministerio de Fomento, a quien se le asignó toda la red de canales y de desagüe de la Cuenca de México.

La tecnología, sobre todo extranjera, el apoyo financiero

del Gobierno y la determinación por acabar de una vez para siempre con el espectro constante de inundaciones desmoralizadoras, dieron ímpetu para llevar a cabo los planes de Garay y Smith. Durante todo el imperio de Maximiliano, la República Restaurada y el Porfiriato continuó el trabajo a trompicones en este nuevo proyecto. Aunque los planes para el túnel a través de Tequixquiac siguieron siendo los mismos, el concepto mismo del Gran Canal cambió gradualmente al de un colector general para todas las aguas negras de la ciudad.

El Presidente Porfirio Díaz prefirió contratar a firmas extranjeras y así abrió el proyecto a la competencia extranjera. Finalmente, en agosto de 1894, se abrió la última sección del túnel y hacia diciembre del mismo año fue totalmente terminado. El canal mismo, de 47 kilómetros y medio de largo, tomó más tiempo. Iba a ser construido de una anchura de 5 a 6.5 metros, con el lodo y los sedimentos sacados del centro que se irían amontonando a lo largo de los bordes como un muro de contención. Se usaron en este trabajo las más modernas máquinas importadas de dragado; a veces, la obra continuó obstaculizada por suelos difíciles. Finalmente, la extensión del Gran Canal fue terminada; se la conectó al túnel y el 17 de marzo de 1900 el Presidente Díaz inauguró el Gran Proyecto de Drenaje del Valle de México.

Desgraciadamente, aquellos fueron años lluviosos; la primera mala inundación del nuevo siglo llegó en junio de 1900, cuatro meses después de la inauguración del Gran Canal. Llegó otra a finales del mismo año, otra en 1901 y otra en 1910. Por eso, el gran proyecto, completado al fin después de tres siglos, para abrir con éxito un drenaje que de verdad sacara cantidades de agua fuera del Valle de México, fue inefectivo para evitar inundaciones. Lenta, inexorablemente, los lagos, drenados, murieron. Y eran totalmente

incapaces de recibir las aguas de las inundaciones repentinas, cuando la lluvia caía en la ciudad o en los campos circundantes a más de 10 mm por hora. El Gran Canal, concebido originariamente por von Humboldt como una vía de transporte, llegó a convertirse en una alcantarilla abierta, incapaz de recibir las aguas de las inundaciones porque llenarían las áreas circundantes más bajas.

En 1910, finalmente se construyó un dique y un camino desde el Peñón de los Baños a Texcoco acortando así el viaje a Veracruz desde la capital en 12 horas y también se cortó efectivamente el lago por la mitad.

La imagen de la ciudad de México como una ciudad de canales persistió hasta comienzos del siglo XX. El famoso canal de la Viga que conectaba a Chalco y Xochimilco con la ciudad de México, mientras los lagos retrocedían, se agrandó y se hizo más profundo, cuando lo permitía la política y el presupuesto del gobierno. El canal entraba en la ciudad hasta el puente de Roldán, cuatro cuadras al este del Zócalo y llevaba las frutas, vegetales, y las abundantes flores de las chinampas a los mercados de la Merced. Calderón de la Barca (CALDERON DE LA BARCA, pp. 174-175) describe los paseos a lo largo de la orilla del canal bajo los árboles como una de las escenas más agradables de la ciudad. En 1849, se propuso una línea de barcos de vapor entre México y Chalco y fue inaugurada en 1851. El costo del mantenimiento del canal con una profundidad suficiente para estos grandes barcos era prohibitivo y la compañía y varias otras en los años siguientes tuvieron que declararse en bancarrota. Pero, aún en 1890, el Presidente de México, Porfirio Díaz, iba a inaugurar otra línea de lujosos barcos de excursiones imitando a los de las ciudades de Europa. Sin embargo, exactamente en el mismo tiempo,

se hicieron todos los esfuerzos posibles para completar la desecación del valle de México y estos proyectos fueron temporalmente para acabar con el canal, el tráfico de botes y, en definitiva, con los mismos lagos.

Si a comienzos del siglo XX todo el sistema de drenaje del Valle de México era precario, las décadas siguientes complicarían las dificultades. El crecimiento exorbitante de la población de la ciudad estaba en el fondo del problema; entre 1930 y 1940, el número de habitantes de la ciudad casi se duplicó y de nuevo en 1950. Hoy, en 1983, se ha triplicado desde el censo de 1960, de aproximadamente 5 millones a 15. Muchos trabajos de ingeniería hidráulica, admirables en su amplitud y en la solución de los problemas, se inauguraron durante estos años y demostraron que apenas eran suficientes para proteger a la ciudad contra serias emergencias.

En estos años, la ampliación gradual de la red de alcantarillado continuó para incluir las nuevas áreas suburbanas que crecían cada vez más. El Gran Canal se prolongó hacia el sur para incluir las áreas de Coyoacán y Villa Obregón. Casi todos los ríos del oeste fueron entubados en canales subterráneos de concreto para evitar que inundaran los vecindarios; fueron éstos, el río Consulado, el de la Piedad, parte del río Tacubaya y Berra, el Acueducto Río Hondo, Barranca del Muerto y, parcialmente, el de Tecamachalco.

Las aguas del río Churubusco fueron desviadas parcialmente para abastecer a las chinampas de Xochimilco. Se construyó, también, un enorme colector, la Desviación Combinada, para interceptar las aguas de los ríos de la vertiente occidental y llevarlas directamente al lago de Texcoco y al Gran Canal. Se levantaron presas de contención para controlar el desagüe de los ríos sobre

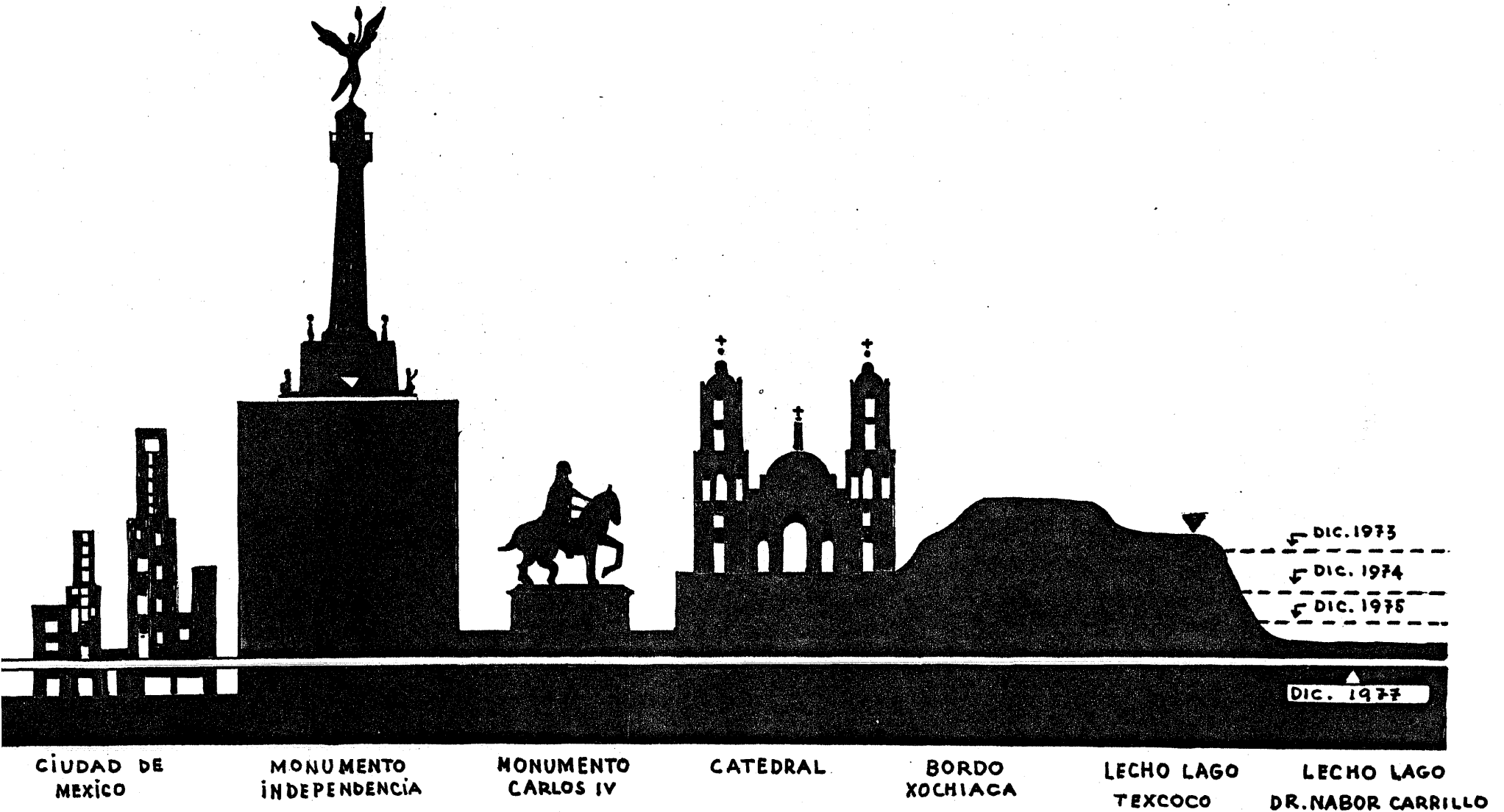


la ciudad; se dejaron para cuencas de colección como reguladoras del exceso de las aguas sobrantes: son ejemplos la Laguna del Término y el Vaso de Cristo (véase mapa 3). Se construyó un nuevo túnel, paralelo al antiguo, en Tequixquiac para que colectara el flujo del agua que estaba aumentando.

Se debe recordar, sin embargo, que junto con la construcción de más y más sistemas de drenaje, la ciudad se estaba hundiendo más y más rápidamente debido a la extracción de agua del subsuelo, sobre todo para uso industrial puesto que el agua es demasiado salina para el consumo humano. En 1900 la ciudad estaba dos metros más alta que el lago de Texcoco; el Gran Canal solamente a cinco metros más bajo que el Zócalo. Hoy, la ciudad se han hundido nueve metros y es el punto más bajo del Valle, más bajo que el lago de Texcoco o el Gran Canal (véase cuadro D). Las aguas del drenaje sólo fluyen en el área del lago o en el Gran Canal por medio de un complejo sistema de bombeo; en el caso de una falla en el sistema eléctrico que hace funcionar estas bombas, la ciudad puede verse seriamente amenazada.

Y las inundaciones continuaron, especialmente durante las épocas de lluvia en los años 1941, 1942, 1944, 1951. Al mismo tiempo los mecanismos que las causaron llegaron a ser mejor comprendidos. El Dr. Nabor Carrillo, en un discurso pronunciado ante la Sociedad Mexicana de Ingenieros y Arquitectos en 1947, afirmó que la causa principal de las cada vez mayores inundaciones en la Ciudad de México era el creciente índice de hundimiento. Cuanta más agua se extraía del subsuelo para llenar las necesidades del aumento de población, las capas arcillosas que retenían el agua se iban haciendo cada vez más compactas. Debido a su insistencia, se fundo en 1952 la Comisión Hidrológica del Valle de México. Uno de sus primeros actos fue prohibir la perforación de nuevos pozos

# ELEVACIONES CD de MEXICO — LAGO TEXCOCO



CIUDAD DE MEXICO

MONUMENTO INDEPENDENCIA

MONUMENTO CARLOS IV

CATEDRAL

BORDO XOCHIACA

LECHO LAGO TEXCOCO

LECHO LAGO DR. NABOR CARRILLO

CUADRO D.

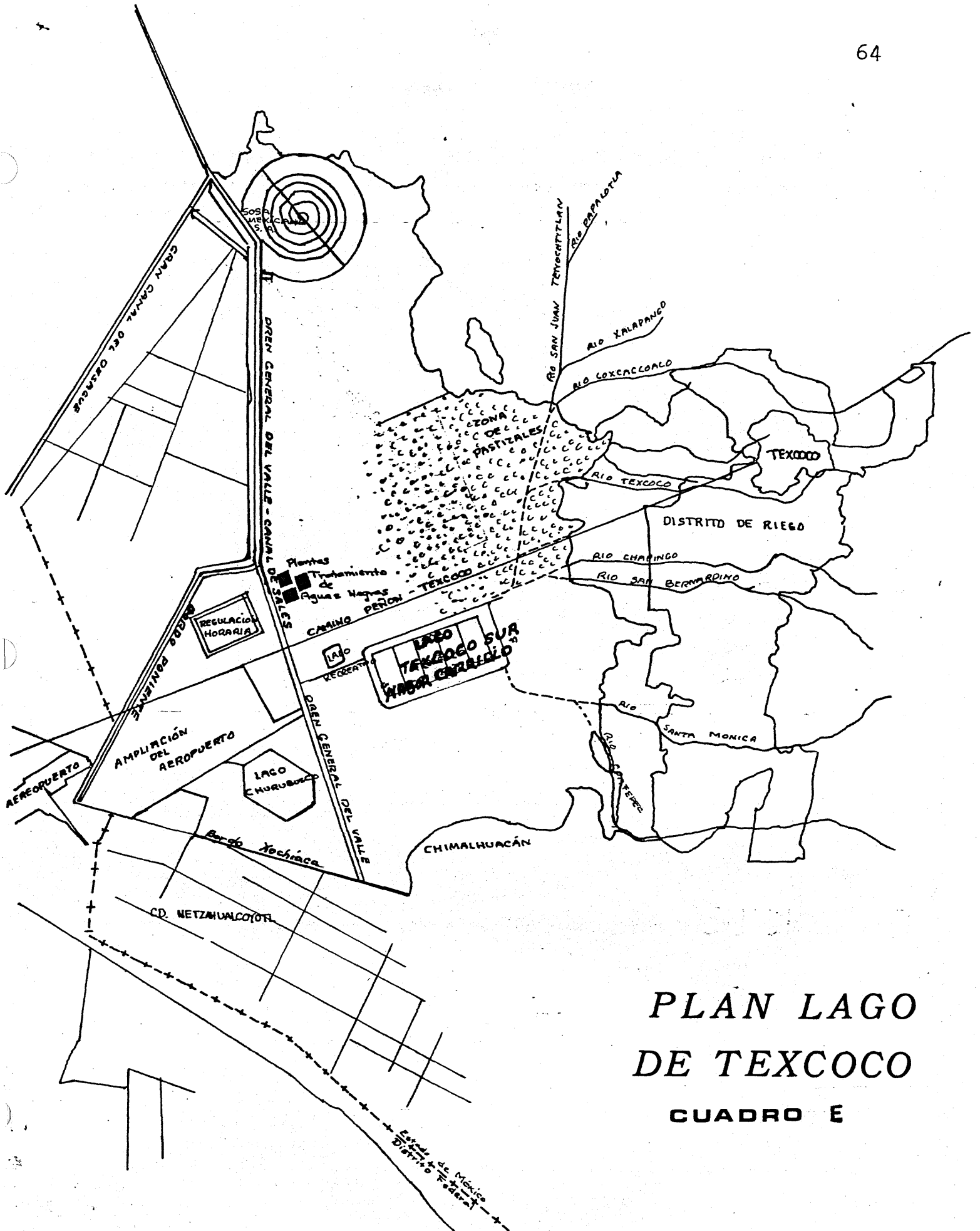
en el Distrito Federal. Como resultado, el proceso de hundimiento, que había sido alrededor de 5 cm. por año antes de 1938 y que había aumentado a 30 cm. e incluso 80 cm. por año antes de 1952, se redujo otra vez a 5 cm. por año.

No solamente la ciudad había sido sometida a las inundaciones por este proceso de hundimiento gradual, sino que todo el sistema de los colectores de drenaje estaba siendo afectado seriamente. Entre 1952 y 1966, se instalaron 29 estaciones de bombeo en diferentes zonas de la ciudad para levantar el agua al mismo nivel del Gran Canal. Los bordes del mismo Gran Canal tuvieron que ser levantados al nivel de 2236 msnm para evitar que se derramaran, en tiempos de fuertes lluvias, las aguas en las áreas adyacentes muy pobladas.

Otro serio problema fue causado por cambios en el balance hidrológico. Con la reducción del nivel de agua, se expusieron cada vez más superficies de suelos secos y saturados de sal, que estaban casi totalmente desprovistos de vegetación. Durante la estación seca del año, los vientos del este y del noreste, que solplaban sobre estos suelos, crearon tolvaneras. Debido a la presencia de desperdicios y de materia fecal en los suelos del lecho del lago, el polvo causó no sólo incomodidades físicas sino también enfermedades y problemas intestinales entre la población afectada.

Se inició un importante proyecto para invertir la tendencia hacia un desastre ecológico: el Plan para el Lago de Texcoco, comenzó el 21 de julio de 1971 (véase cuadro E).

El Plan para el Lago de Texcoco ha realizado una buena parte de sus objetivos. Muchas de las ideas incorporadas en el Plan fueron tomadas de un estudio hecho en 1963 por la Comisión Hidrológica del Valle de México, "Planteamiento Físico para el Lago de



PLAN LAGO DE TEXCOCO CUADRO E

Texcoco y Areas Adyacentes". Se estableció la Zona Federal del Lago de Texcoco, comprendiendo 145 kms<sup>2</sup>; dentro de esta área y en las regiones circundantes, cuyo balance ecológico también afecta a la cuenca del lago de Texcoco, se han logrado ya los siguientes objetivos:

- (1) Se han construido canales en el área para confinar el flujo del Río de la Compañía y el Río Churubusco, con varias compuertas para el control de las inundaciones.
- (2) Se construyó a lo largo del borde occidental, el Canal General de Drenaje para el Valle, el cual recibe, de los ríos mencionados más arriba y del Lago de Regulación Horaria, una masa de agua altamente contaminada de 1.1/2 km. de ancho, 1 km. de largo y 3 mts. de profundidad.
- (3) Se han plantado más de 7,000 hectáreas de pastizales y éstos están creciendo. Se han trazado parcelas regulares, drenadas con pequeñas zanjas, y se las ha plantado con una hierba resistente a la sal, Distichlis spicata, que necesita de dos a tres años para echar raíces profundas. Esta hierba, que debe ser propagada artificialmente plantando tobas que se conectan gradualmente por "estolones" de raíces, crece abundantemente en algunas áreas, y provee de pastos a más de 2000 cabezas de ganado.
- (4) Se han perforado pozos de agua dulce, que proporcionan agua potable para las instalaciones y para los abrevaderos fuera de los establos del ganado.
- (5) Una red de caminos conecta las áreas de trabajo, aunque ninguno está pavimentado. La vieja carretera Peñón- Texcoco cruza todo el área, aunque en el momento presente está cerrada al tráfico regular.

(6) Un vivero de árboles en el pueblo de Tequesquinahua provee de árboles para el proyecto de reforestación de las tierras altas de la orilla este y las montañas hacia el este. La única forma en que los árboles pueden sobrevivir en el área actual del vaso del lago es plantarlos en bolsas de plástico que no dejan penetrar las aguas salinas.

(7) Se han construido canales de concreto y presas de retención a lo largo del curso de los cinco ríos del este para controlar el flujo de las aguas y para impedir que lleguen a alcanzar el área del lago grandes cantidades de materiales sedimentarios.

(8) Un nuevo lago, el lago Churubusco, está siendo construido bombeando del subsuelo las aguas salinas, de la misma forma en que se fue hundiendo la Ciudad de México y el "fondo" del lago ha descendido a 2 1/2 mts. En el momento presente hay 70 bombas trabajando; el agua así extraída es sacada por el Río de la Compañía y por el Gran Canal de Drenaje. Más tarde, el lago será llenado con las aguas de estos mismos ríos.

(9) También hay una serie de cuatro estanques interconectados donde circularán aguas altamente contaminadas y a través de macizos de lirio acuático para descubrir las propiedades purificadoras de estas plantas, que generalmente se consideran vegetales no deseables en casi todos los cuerpos de agua (véanse fotos, pp. 69-72).

(10) Aún en período de construcción está el Lago Nabor Carrillo, conocido también como Lago Texcoco Sur. Este lago, cuando esté acabado, tendrá una extensión de 1000 hectáreas, con una profundidad de 3.70 mts., más un muro de retención de 3.20 mts. de alto, de modo que la profundidad total será de

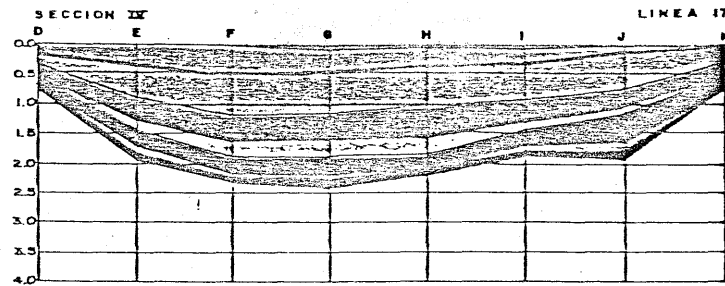
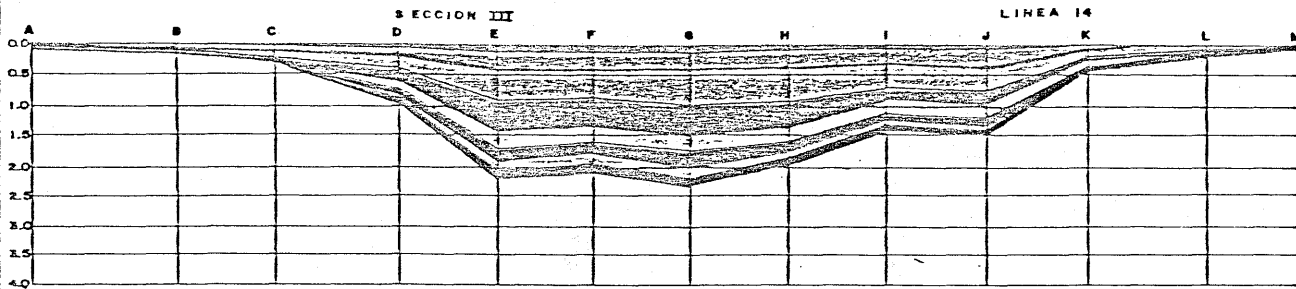
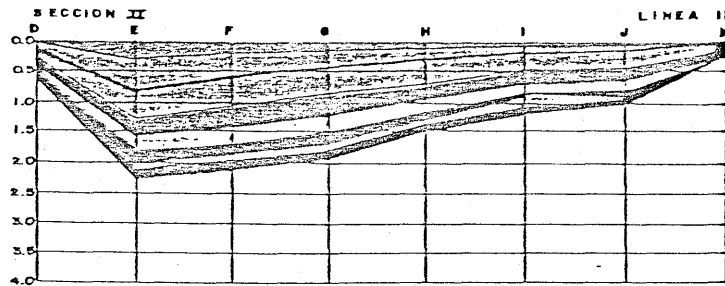
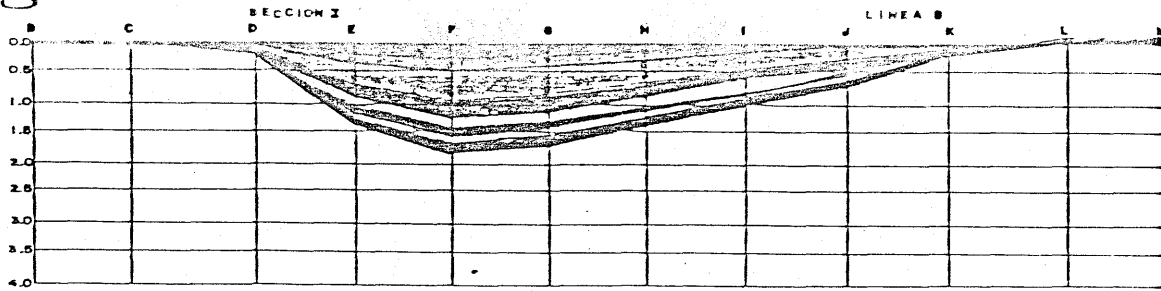
casi 7 mts. y contendrá unos 35 millones de metros cúbicos de agua. Será llenado con el agua purificada por la nueva planta de tratamiento primario de agua que está ahora en las últimas etapas para ser terminada, y, por eso, posiblemente no estrá contaminado como lo están los otros dos lagos (véase Gráfica F).

Hay también planes para continuar la extensión de los pastizales hacia el norte donde la fábrica de sosa cáustica, Sosa Texcoco, S.A. tiene su caracol gigante para la evaporación solar de las soluciones salinas altamente contaminadas y de color anaranjado que se bombean del subsuelo de esta área. El enorme embalse circular también está caracterizado por el crecimiento de algas de un brillante azul real y de un verde turquesa pálido. La fábrica y las instalaciones de Sosa Texcoco fueron construídas en 1938, usando las sales altamente concentradas extraídas de los suelos del vaso del lago para la producción de carbonato de sodio y sosa cáustica. La tecnología para el cultivo de las algas fue introducida en los años de 1950. Estas algas son las mismas que las spirulinas o "Tecuitlatl" usadas por los aztecas como un producto básico para el comercio así como también para su propio consumo. No solamente tienen un alto contenido de proteínas sino que también, ya que crecen en una solución altamente alcalina, están libres de cualquier organismo tóxico o patógeno, una conversión interesante teniendo en cuenta que estas aguas se originan en las aguas negras y que están contaminadas con materia orgánica y fecal. Esta sección norte del lecho del lago tiene, durante ciertas épocas del año, densas poblaciones de moscas lacustres.

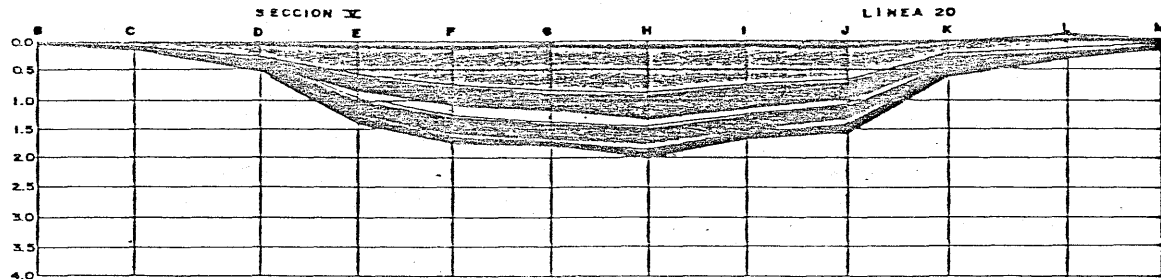
Según va mejorando la condición de la antigua y en una ocasión abandonada área del lago, las áreas circundantes pobladas

# Lago Texcoco Sur Perfiles de Asentamiento

ASENTAMIENTO EN METROS

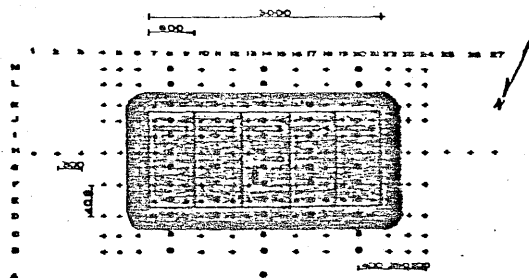


ASENTAMIENTO EN METROS



LAGO TEXCOCO SUR PLANTA DE LOCALIZACION DE TESTIGOS SUPERFICIALES

ESC. 1:25000  
ACOT. EN METROS



- DEC. 72 - MAR. 73
- MAR. 73 - JUN. 73
- JUN. 73 - DIC. 73
- DIC. 73 - MAR. 74
- MAR. 74 - JUL. 74
- JUL. 74 - OCT. 74
- OCT. 74 - NOV. 74
- NOV. 74 - MAR. 75

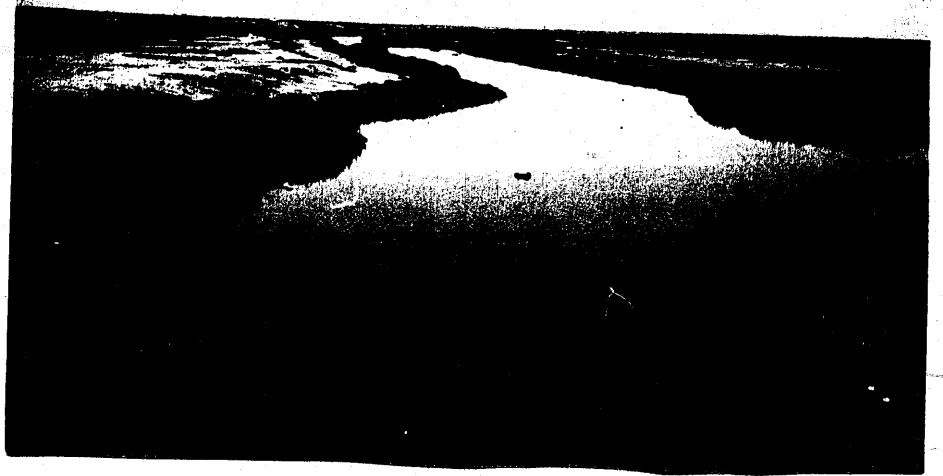




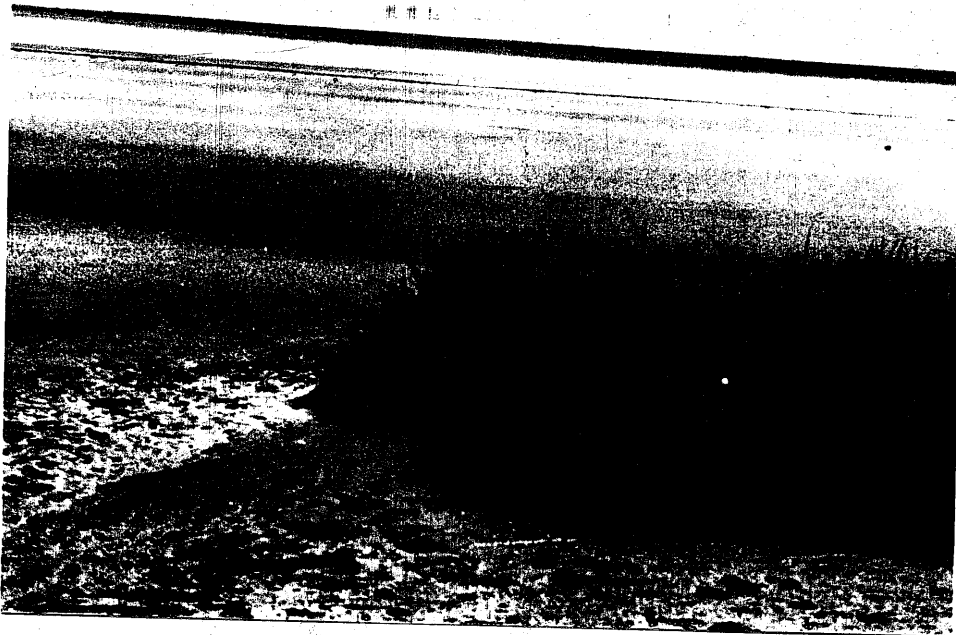


El Canal Nacional  
de Desagüe en  
dirección sur del  
Lago de Texcoco.

El Dren  
General del  
Valle -  
Lago de  
Texcoco

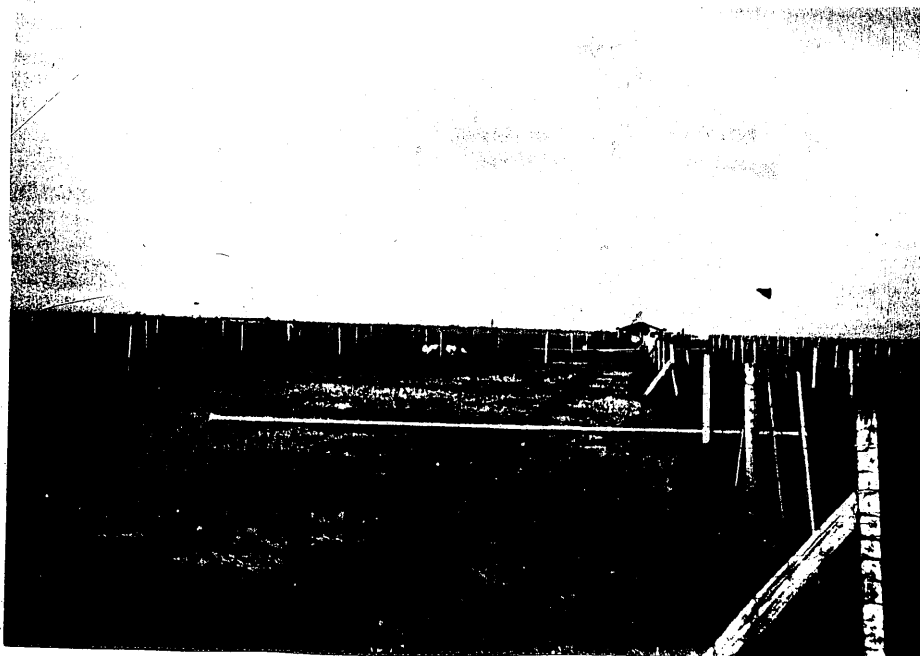


El Lago de  
Regulación  
Horaria -  
Plan Lago  
de Texcoco.

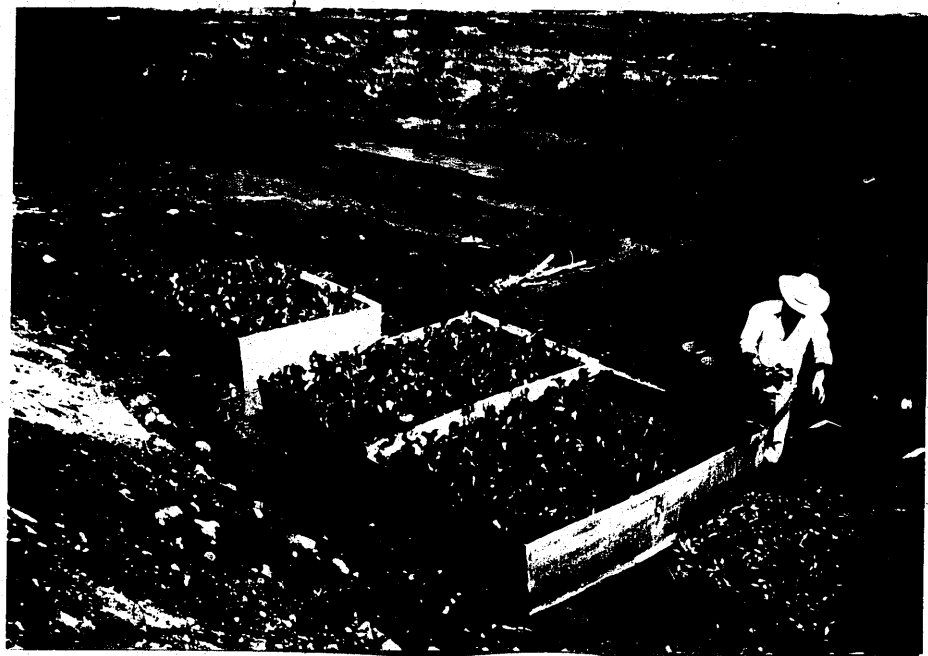


Las aguas  
contaminadas  
del Lago de  
Regulación  
Horaria.





Potreros de pasto  
experimental para  
engorde de reses -  
Plan Lago de Texcoco

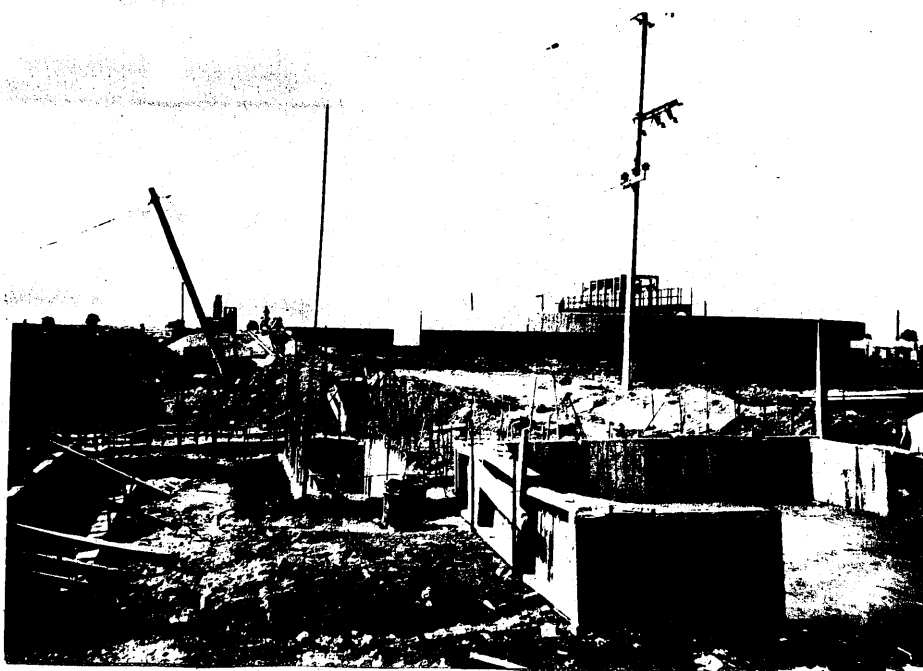


Sembrando el  
lirio acuático.

Un estanque ex-  
perimental para  
la sembra del  
lirio acuático.  
-Plan Lago de  
Texcoco-



Planta de Trata-  
 miento de Aguas  
 Negras en con-  
 strucción - Plan  
 Lago de Texcoco



Obras de Asenta-  
 miento del Lago  
 Churubusco: Al fondo,  
 un pozo somero; y en  
 primer plano, un  
 collector de aguas

no han sido favorecidas. Ciudad Netzahuacóyotl es un ejemplo; también podría considerarse como una ciudad construida en medio de un lago, pero bajo circunstancias muy diferentes. En los años de 1930 la parte sur del lago de Texcoco fue parcialmente desecada específicamente para proporcionar tierra para la construcción de viviendas. Como parte del lecho del viejo lago debería de haber pertenecido a la Nación; también los miembros del ejido de Chimalhuacan la reclamaron inmediatamente. Pero fueron los subfraccionarios y los agentes de bienes raíces los que comenzaron a vender parcelas, sin tener un título definido de la tierra y sin servicios de agua, electricidad o drenaje. Se convirtió en una municipalidad en 1963 y hoy es la segunda ciudad más grande de México, con una población de unos dos millones de habitantes. Debido a su tamaño, ha ganado importancia política y, poco a poco, se han ido instalando servicios urbanos, calles pavimentadas, parques, escuelas, centros deportivos, etc. Pero, para la mayor parte de sus habitantes, las condiciones de vida son infrahumanas, debido sobre todo a las inundaciones durante la estación de lluvias en verano y al polvo durante el invierno seco. Debe recordarse que el agua que llena el vaso del antiguo lago, en tiempos de fuertes lluvias ya no es agua sino aguas negras, y que Netzahualcóyotl tiene sólo tres bombas y el Bordo Xochiaco, un dique bajo, que lo separa de éste. Reportes periodísticos nos informan de "casas inundadas por las noches con aguas negras, hedor que surge de los pisos y agua entrando desde las calles". (UNOMASUNO, 20 de septiembre de 1982); Roberto Valle-rino, en su serie de artículos "Las almas en fuga en Ciudad Netzahuacóyotl" describe la superficie gris blanquecina del lago con postes que surgen a lo largo de la vieja Avenida de los Remedios, cubiertas de llantas viejas, botellas, plásticos, el agua un líquido verde denso, los bordes oscuros con materias fecales... sin hi-

erba o árboles en todos los sitios debido al suelo hostil cargado de sal... charcos por todos los sitios, masas de moscones, de 3 y 4 cm. poniendo sus huevos en el agua contaminada... y el olor en todo, el olor de la orina y de materias fecales y de la basura podrida. (UNOMASUNO, 14, 15 y 16 de octubre de 1982).

La mayor parte de las inundaciones en los suburbios se debe a las pobres condiciones de los desagües. Durante las temporadas de fuertes lluvias, es decir de 10 mm. por hora o más, el agua tiende a salir de los desagües en vez de ser absorbida por ellos. Las alcantarillas se han colocado muy mal, les falta inclinación natural y han sido deformadas e incluso rotas por el hundimiento del subsuelo. El 40 % de la red de desagües y alcantarillas se ha llenado con sedimentos y basura. Esto se debe especialmente a la insuficiente limpieza de las calles y, parcialmente, a la erosión creciente de las laderas de las colinas sin vegetación. Desgraciadamente, los planes para nuevos proyectos de drenaje se han hecho anticuados en 4-5 años debido a que no se han tomado en cuenta los aumentos de población.

El común denominador de todos los problemas que existen hoy en día en el Valle de México es el rápido crecimiento de la población. El fenómeno de la reducción de los mantos freáticos y el hundimiento del subsuelo, por ejemplo, continuarán mientras 2 millones de los 15 millones de personas del Valle de México estén condenados a vivir sin agua potable en sus casas. La total prohibición de la perforación de pozos a duras penas puede llevarse a cabo si no hay suficiente agua, aun incluso con la importación de agua desde presas distantes tales como la del río Cutzamala. Según Guillermo Guerrero Villalobos del Departamento de Operación y Construcción Hidráulica del DDF, se saca más agua de los mantos freáticos para satisfacer las necesidades de la población

que se retornan. (UNOMASUNO, 8 de octubre de 1980). Y no solamente la perforación de pozos, legal o ilegal, ha causado esta deficiencia sino que también la desecación de grandes superficies de lagos, secando las fuentes de agua a los mantos freáticos, el confinamiento de casi todos los ríos en canalizaciones de cemento, la pavimentación de las zonas urbanas, poniendo calles y edificios donde antes había campos abiertos.

En el momento presente, las siguientes son las fuentes de agua potable para el Valle de México:

Río Lerma.....	9,121 m <sup>3</sup> / sec.
Pozos municipales y sistema del Peñón.....	8,315 m <sup>3</sup> / sec.
Mixquic- Xochimilco, manantiales de Xotepingo.....	7,397 m <sup>3</sup> / sec.
Pozos privados..... (difíciles de medir)	1,4 a 2.3 m <sup>3</sup> / sec.
Sistema de Chiconautla.....	2,379 m <sup>3</sup> / sec.
Sistema de Cutzamala.....	4 m <sup>3</sup> / sec.

La apertura del sistema de Cutzamala, una tremenda empresa de ingeniería que trae agua desde más de 200 kms., bombeándola a una altura de casi 2000 mts., se suponía que iba a eliminar la necesidad de pozos. Pero no fue así: Tlalpan, que no recibe agua del Cutzamala, acaba de abrir varios pozos nuevos. En marzo de 1982, al mismo tiempo que se estaba trayendo agua del río Cutzamala, se perforaron 16 pozos más para los residentes de Coyoacán; Cuautitlán Izcalli, con 300,000 habitantes también ha proyectado abrir 7 nuevos pozos. Se planea otro para este año en San Pedro Mártir. En total, hay más de 8000 pozos en el Valle de México, de los cuales 1,366 son parte del sistema de agua; cada año se descubren 30 pozos ilegales. La mayor parte de estos pozos son para uso industrial sobre todo cuando el agua es demasia-

do salada para beber. Los mantos freáticos hace 45 años estaban a 45 cms. de la superficie; hoy están a 3 mts. o más. Como consecuencia, en algunos pozos se está extrayendo agua fósil no renovable.

El Distrito Federal tiene sólo en el presente 7 plantas de tratamiento de agua con una capacidad de  $2 \text{ m}^3$  por segundo. La nueva planta que está por abrirse en el lago de Texcoco añadirá otro metro cúbico por segundo, aún insuficiente para una ciudad del tamaño de la ciudad de México. Las aguas negras tratadas ahora o se usan para regar los parques o jardines o se envían por el Gran Canal para regar tierras agrícolas en Zumpango o al Distrito de Riego No. 03 en el Valle del Mezquital. Estas plantas usan procesos de tratamiento primario o de tipo secundario pero insuficientes para remover los tóxicos, bromidos, metales pesados, plásticos o detergentes, todos ellos resistentes al proceso de biodegradación. Las aguas negras de la planta de tratamiento de La Estrella se han usado desde los años de 1950 para llenar los canales de Xochimilco, de modo que los resultados de este tipo de aguas negras por un período de más de treinta años puede analizarse ahora. Puesto que los manantiales que originalmente alimentaban los canales se han secado y el nivel de los mantos freáticos ha descendido tan dramáticamente, Xochimilco hubiese dejado de existir como comunidad agrícola sin el uso de estas aguas negras ya tratadas. Pero esto ha traído problemas de contaminación y la aparición de quistes de amebas en las cosechas de verduras cultivadas en las chinampas y regadas con las aguas del canal. Y no solamente muchas especies no son capaces de crecer en el medio ambiente presente, sino que también el crecimiento registrado es de unos 40 cms. menor. Las aguas son de color verde oscuro y turbias; basura, montones de lirio acuático en putrefacción y hasta materia fecal llenan



las orillas. Algunos canales, como por ejemplo Tesguillo, están casi totalmente cubiertos por el lirio acuático. Estas plantas hacen difícil la navegación en los canales además de aumentar la pérdida de agua por la evapotranspiración. Los niveles de agua en algunas áreas han descendido a sólo 30 cm. debido a esta evapotranspiración excesiva, a la sedimentación en aumento y al reducido influjo de agua (UNOMASUNO, 21 de febrero de 1981).

En enero de 1983, se inició una campaña a nivel municipal para rehabilitar los canales de Xochimilco. De los 189 kms. de canales, 40 kms. han sido limpiados de sedimentos; más de 600,000 toneladas de lirios acuáticos han sido sacadas de los canales por tres máquinas especiales. Hay esperanza de que el área se regenerará para las visitas de los turistas y para las actividades agrícolas. De las 15 mil chinampas, parcelas de unas dos hectáreas cada una, solamente un 10 % están actualmente en uso, debido al crecimiento incontrolado del lirio acuático y a la contaminación que ha reducido el crecimiento de las plantas y ha hecho las cosechas susceptibles de plagas. El Departamento del Distrito Federal (DDF), la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH), la Secretaría de Turismo y la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (SEDUE) están envueltas en proyectos para desviar las aguas negras, reforestación, mejor recolección de la basura y concientización del público (EXCELSIOR, 15 de febrero de 1983).

BIBLIOGRAFIA

- Anales de Cuauhtitlán (Códice Chimalpopoca), Leyenda de los Soles, traducción de Primo Feliciano Velázquez, México, UNAM, INH, 1945, XXI-16 zp.
- Armillas, Pedro, Gardens on Swamps, Science, November, 1971, vol. 174, núm. 4010, pp. 635-661.
- Aveleyra Arroyo de Anda, Luis, Prehistoria de México, México, Ediciones Mexicanas, 1950.
- Bassols Batalla, Angel, Recursos Naturales de México, 8a. edición aumentada, México, Ed. Nuestro Tiempo, 1978.
- Bataillon, Claude, La Ciudad y el Campo en el México Central, México, Siglo XXI, 2a. Ed. en español, 1978.
- , Las Regiones Geográficas de México, México, Ed. Siglo XXI, 1976.
- Beltrán, Enrique, El Agua como recurso natural renovable en la vida de México, IMRNR, México, 1957.
- Bernal, Ignacio, Tenochtitlán en una Isla, SEP/setentas, 39, México, 1972.
- Calderón de la Barca, Fanny, Life in Mexico, edited and annotated by Howard T. Fisher and Marion Hall Fisher, New York, Doubleday & Co., 1970.
- Casarrubias, Vicente, Rebeliones Indígenas en la Nueva España, México, Departamento del Distrito Federal, Secretaría de Obras y Servicios, Colección Metropolitana, 1975.
- Comisión de Conurbación del Centro- SAHOP, Balance Hidráulico del Valle de México, 1981 (Abreviado CCC).
- Davies, Nigel, The Aztecs, University of Oklahoma Press, 1980.
- De la Rosa, Martín, Netzahualcóyotl, un Fenómeno, México, Fondo

**TESIS DONADA POR**

**D. C. B. - UNAM**  
De Cultura Económica, 1974.

ESTI TEMA NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA 79

- De Terra, Helmut; Romero, Javier; Stewart, T. D., Tepexpan Man, Viking Foundation, New York, 1949.
- Díaz del Castillo, Bernal, Historia de la Conquista de la Nueva España, México, Ed. Porrúa, 1976.
- Duran, Fray Diego, Historia de las Indias de Nueva España e Islas de la Tierra Firme, 2 vols., Ed. Porrúa, México, 1967.
- Excelsior, varios recortes: 15 de febrero de 1983, 13 de marzo de 1983, 21 de marzo de 1983 y 28 de marzo de 1983.
- Finch, Vernon C. y Trewartha, Glenn, T., Elements of Geography, Physical and Cultural, New York, McGraw-Hill, 1949, 3a. Ed.
- Garay Maldonado, Rosa Evelia, Las Fracturas de Pantitlán, Distrito Federal: Historia y Localización Actual, en Anales de Geografía, UNAM, Año II, México, 1976, pp. 73-99.
- , Morfología de la región volcánica Chimalhuacán-Cerro de la Estrella-Sierra Santa Catarina, Anales de Geografía, Año I, UNAM, México, 1975.
- Gómara, Francisco López de, Conquista de México, Imprenta de I. Escalante y Cía., México, 1870, 2 vols.
- Hernandez Corzo, Gilberto, Fisiografía de la Región Huehuetoca, Tesis, UNAM, 1953.
- Humboldt, Alexander von, Ensayo Político sobre el Reino de la Nueva España, México, Ed. Porrúa, 1978.
- Leaky, Richard E., People of the Lake, New York, Avon Books, 1978.
- López Ramos, E., Geología de México, Tomo III, Instituto de Geología de México, UNAM, 1981.
- Leonard Irving, A., La Epoca Barroca en el México Colonial, México, FCE, Colección Popular, No. 129, 1974.
- Memoria de las obras del Sistema de Drenaje Profundo del Distrito Federal, Tomo I, II, III, Departamento del Distrito Fede-



- ral, México, Talleres Gráficos de la Nación, 1975.
- Mercado R., Antonio, El Lago de Texcoco- 462 Años después, en México Desconocido, No. 54, Mayo, 1981.
- Piña Chan, Román, Las Culturas Preclásicas de la Cuenca de México, México, FCE, 1955.
- Prescott, W. H., The Conquest of Mexico, Vol. II, London, J.M. Dent & Sons, 1965.
- Palerm, Angel, Agricultura y Sociedad en Mesoamérica, México, SEP/Sepsetentas, Diana, 1980.
- , y Wolf, Eric, Agricultura y Civilización en Mesoamérica, SepSetentas, Diana, 1980.
- Reyes, Alfonso, Visión de Anáhuac, Antología de Alfonso Reyes, FCE, Colección Popular, México, 1963.
- Sanders, William T., The Central Mexican Symbiotic Region, a Study in Prehistoric Settlement Patterns, a Viking Fund Publications in Anthropology: 23.
- Schneider, Oscar, Geografía de América Latina, México, FCE, 1a. reimpresión, 1980.
- SRH, Comisión Hidrológica de la Cuenca del Valle de México, Boletín Hidrológico, No. 1, México, 1952.
- Tamayo, Jorge L., Geografía Moderna de México, 9a. ed. México, Ed. Trillas, 1981.
- The News: varios recortes: 22 de febrero y 5 de marzo de 1981.
- UnomásUno: varios recortes, 13 de agosto de 1981, 14 de noviembre de 1981; 18 de abril de 1981; 5 de febrero de 1980; 3 de junio de 1981; 13 de marzo de 1982; 25 de octubre de 1982 y 8 de enero de 1983.
- Wolf, Eric, Sons of the Shaking Earth, Chicago, University of Chicago Press, 1959.

CAPITULO IVEL LAGO DE CHAPALA: SITUACION FISICA

El lago de Chapala, el lago natural más grande de México, está situado a 49 kms. al sur de la ciudad de Guadalajara, en el Estado de Jalisco. En su mayor parte está dentro del Estado de Jalisco, con una parte de su extremo sudeste que se extiende dentro del Estado de Michoacán. Mide, a lo largo de su eje este-oeste, 80 kms. y su anchura varía entre los 25 y 6 kms.; tiene una capacidad que fluctúa entre los 4,645 y los 11,678 millones de metros cúbicos. El centro casi exacto del lago está marcado por las coordenadas  $20^{\circ} 15' N.$  y  $103^{\circ} W.$  El mismo valle mide 90 kms. de longitud con un ancho promedio de 20 kms. y contiene 1,191 kilómetros<sup>2</sup> de extensión.

Una de las características más notables del lago es el cambio en el nivel de agua durante los años y las estaciones. Esta fluctuación se ha registrado desde el siglo pasado; en este siglo el nivel más bajo se registró en 1955 y fue de 1,517.6 metros sobre el nivel del mar (90.80 m.)<sup>+</sup>, y el más alto en 1971, de 1,526.2 metros sobre el nivel del mar (99.40 m.)<sup>+</sup>. En los años recientes el promedio ha sido de 1,523.3 metros (96.50 m.)<sup>+</sup> (MEMORANDUM, Co-mec, p. 1). (Véase también la gráfica J, p. 136).

El lago, en realidad, es una cuenca de regulación para el sistema del río Lerma-Santiago. El río Lerma desemboca en el lago en su extremo este y, amenos de 20 kms., hacia el noroeste, el río Santiago fluye hacia el Pacífico.

El valle llenado por el lago es una de varias depresiones tectónicas producidas por la deformación de la corteza terrestre

+ Cifra usada en el Informe del Ing. Luis P. Ballesteros, 1929.  
y que se sigue usando por costumbre.

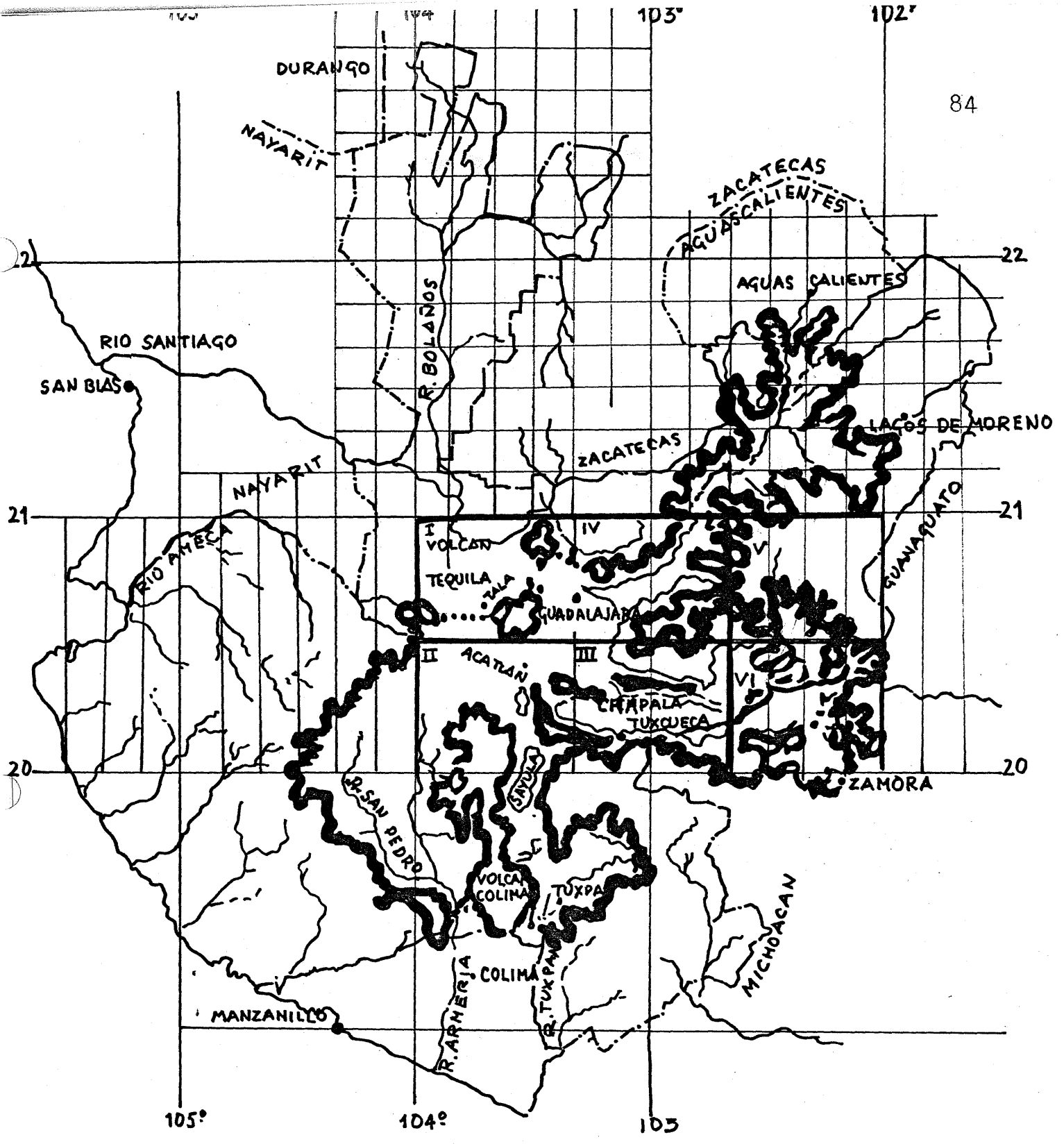
a lo largo de la línea del Eje Neovolcánico Transversal. Varias fallas, cada una paralela al eje este-oeste del lago, siguen a las montañas que marcan su borde; todo el sistema es parte de la continuación de la Falla de San Andrés en México conocida como la fractura Chapala-Acambay. Rodeando la playa norte del lago, están la Sierra el Madroño, coronada por el Cerro Bola del Viejo (3,100 mts.), la Sierra el Tecuán, Sierra el Travesaño e innumerables picos volcánicos. La orilla sur es igualmente montañosa; las principales cadenas montañosas en este lado son la Sierra del Tigre, el Cerro de García, Cerro de la Caja y la Sierra de Tizapán. La Sierra la Difunta o del Rosario, Cerro de las Agujas y muchos picos sin nombre cierran la fosa tectónica del lago hacia el oeste. La emergencia de estas características volcánicas de relieve durante la época Terciaria levantaron los estratos marinos y los restos de la masa continental. Los estratos más recientes del Cuaternario consisten en areniscas, conglomerados, depósitos aluviales y abanicos; los sedimentos lacustres antiguos del Lago Jalisco (ver abajo) han sido tectonizados, formando pliegues y monoclinos. (BARRERA, pp. 98-109).

Recientemente se han llevado a cabo trabajos que indican que un área grande pudo haber estado cubierta por agua durante el Pleistoceno, causando la formación de un gran lago, el lago "Jalisco". Este lago, si se considera que el nivel máximo de su superficie era de unos 1,750 mts. sobre el nivel del mar, pudo haber cubierto el actual valle de Atemejac, el valle de Río Verde casi hasta la ciudad de Aguas Calientes, el valle de Santiago donde entra en el lago de Chapala, la Ciénaga hasta el este, Piedad de Cabadas, los valles del lago de Zacoalco, Sayula hasta el sur de Ciudad Guzmán y Tuxpan, una gran área al oeste del Volcán de Colima drenada por el río Armería y sus tributarios, el

río San Pedro, así como todo el área que cubre el valle de Chapala. Hubiera cubierto un área de 21,870 kms<sup>2</sup>, con una profundidad media de 250 mts. (véase mapa 7). La formación del lago tuvo lugar hace 36,000 años, probablemente durante la glaciación "Würm" o Wisconsin, que en México se llama la era Pluvial. Como este lago tuvo varias salidas, siendo la mayor el río Santiago-río Verde, gradualmente se fue secando y quedó reducido a varios lagos. Algunas de estas masas de agua quedaron aisladas del desagüe hacia el Pacífico y se convirtieron en lagos "Playa" salados. El lago de Sayula, al oeste del lago de Chapala, seco excepto durante la temporada de lluvias, tiene un suelo salino tóxico. El drenaje del enorme Lago Jalisco dejó a los demás lagos más pequeños en el proceso de extinción natural, debido no solamente a un clima más seco sino también a cambios en las formas de drenaje según los ríos que desagüaban en el lago iban profundizando sus canales por medio de la erosión. (MITCHELL, pp. 7-21).

Hacia el este del lago actual está una gran área de tierra baja conocida como la Ciénaga de Chapala; en cierto tiempo consistía de pantanos de un área igual a la del mismo lago: 85 kms. de largo y 26 kms. de ancho. Hasta finales del siglo pasado, esta área se llamaba la ciénaga michoacana porque una gran parte de ella se extendía en el Estado de Michoacán, pudo haberse considerado parte del lago de Chapala. Como la llanura deltaica creada por la sedimentación del río Lerma era parte de la gradual desecación natural del lago, en un proceso que ha sido acelerado y completado en gran parte por el hombre. (HELBIG, p. 21).

El resto del área del lago es relativamente poco profundo, con un promedio de profundidad de 6 metros. Sin embargo, datos recientes (Estrada) indican que el promedio de profundidad puede



MAPA 7- LA INVESTIGACION DEL PLEISTOCENO LAGO JALISCO: EL CONTORNO.

(MITCHELL)



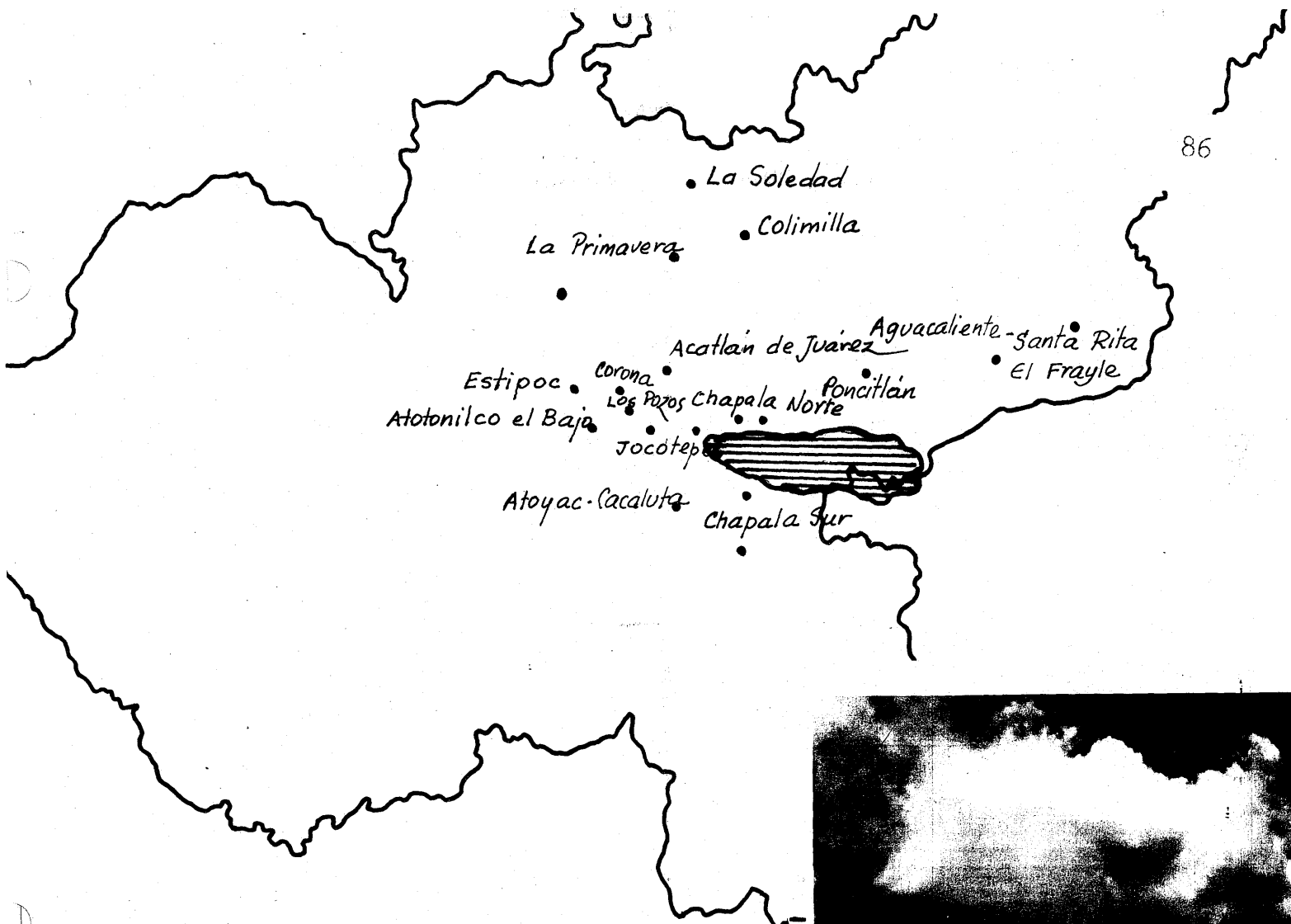
ser menor, unos 2 metros, demostrando así que continúa el proceso de sedimentación. Las aguas están bien mezcladas con temperaturas uniformes y por lo tanto sin estratificación térmica.

La evaporación de la superficie del lago es considerable, alrededor de unos 1,200 millones de metros cúbicos por año o unos 40 metros cúbicos por segundo.

Hay varias islas de origen volcánico; además a lo largo de las orillas del este aparecen barras de arena durante los períodos de nivel bajo del agua. A 6.5 kms. de la costa de la villa de Mezcala, aparece la isla volcánica más grande, la isla de Mezcala o Presidio. Esta isla tiene 1.680 mts. de longitud y 756 mts. de ancho ; cerca de ella está una isla más pequeña llamada Isla Chica de Mezcala. Más hacia el oeste, enfrente de la orilla del pueblo de Chapala, está otra isla llamada Isla de Chapala o Isla de los Alacranes, que en realidad tiene la apariencia de un escorpión cuando se la observa desde el extremo oeste del lago. En la orilla sureste, en el Estado de Michoacán, hay una pequeña isla densamente poblada, la isla de Petetán, cuyos habitantes han llegado a bastarse por sí mismos y que están prácticamente aislados de tierra firme. Otra pequeña isla se llama la Isla de los Patos porque en ella hibernan diferentes especies de patos migratorios.

Como una región de volcanismo reciente, todo el área, especialmente hacia el norte y el este del lago, está caracterizada por manantiales termales, como en Ixtlán de los Hervores en Michoacán, donde hay géiseres activos. (véase mapa 8 y la fotografía).

En general el clima es templado puesto que el área está abierta a la influencia de las tierras bajas del Pacífico. La



MAPA 8 - ZONAS GEOTERMICAS DEL ESTADO DE JALISCO.

(SPP, p. 41)



Géiser y Aguas Termales en Ixtlán de los Hervores, Michoacán

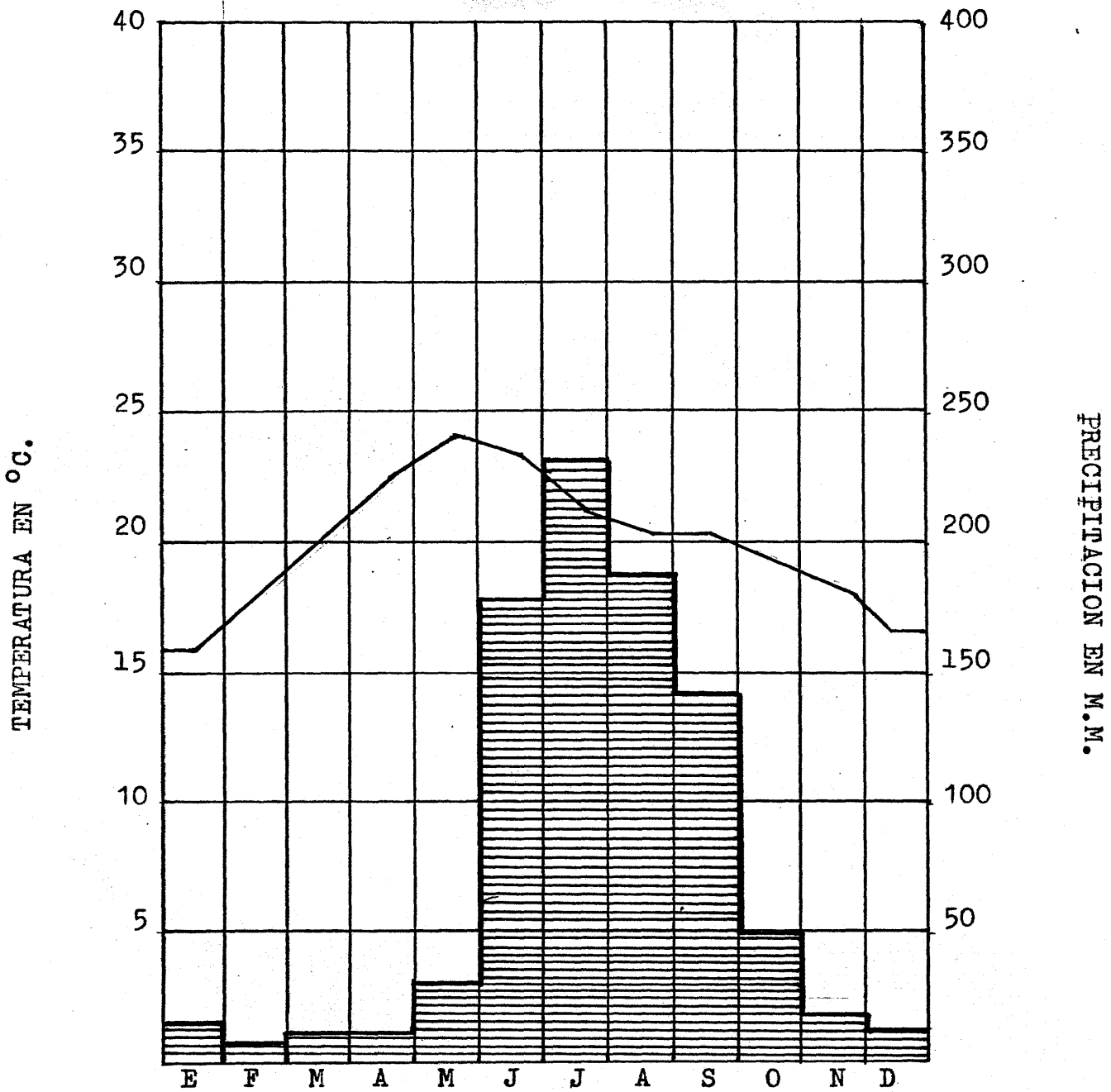
temperatura promedio en el pueblo de Chapala es de  $20^{\circ}$  C; las temperaturas en enero son de un promedio de  $16.8^{\circ}$  C, las de mayo de  $22.8^{\circ}$  C. Se han registrado temperaturas máximas de  $45^{\circ}$  C. Apenas hay heladas que en el otoño pueden producir pérdidas en las cosechas de maíz, o, al final de la primavera, dañar las cosechas de vegetales en las tierras agrícolas de la Ciénaga. El invierno es la estación seca y desde noviembre a mayo prevalecen condiciones de sequía, la así llamada sequía "Colima". El viento dominante sobre el lago sopla desde el oeste, pero a veces fuertes vientos llegan desde el este, la "Mexicana"; vientos de noroeste y del norte llevan aire húmedo desde el Golfo de junio a octubre, causando así la estación lluviosa del verano. También hay tormentas ocasionales que proceden del suroeste, llamadas "Zamoranos". La precipitación pluvial es de menos de 1,000 mm. por año (813.1 mm. en Chapala, 752.2 mm. en La Barca y 658.7 mm. en Jocotepec) (GARCIA, pp. 123-131). (véase Cuadros G y H). Según la clasificación de Koeppen, el clima es Cwa, moderado con lluvias en el invierno y una temperatura media en el mes más caliente sobre  $22^{\circ}$  C. Un área pequeña a lo largo de la orilla oeste y Jocotepec se considera BSw, bajo el mismo sistema de clasificación, porque la precipitación pluvial es de menos de 700 mm. por año. El efecto benéfico del lago con una humedad mayor en la atmósfera muestra un resultado positivo; se considera la mayor parte del área como una zona transitoria de acuerdo con el Emberger Aridity Index, más bien que semiárida como es el resto de la región. Hay entre 60 y 80 días de lluvia durante el año (véase mapa 9).

Los suelos en las áreas bajas alrededor del lago o en las áreas de colinas bajas, son los Vertisoles, arcillas fértiles de color negro o gris oscuro, impermeables y aptas para inundarse durante la época de lluvias, propensas a hacer grietas profundas

Cuadro G. Temperatura, Precipitation y Clima - Poblaciones cerca al Lago Chapala

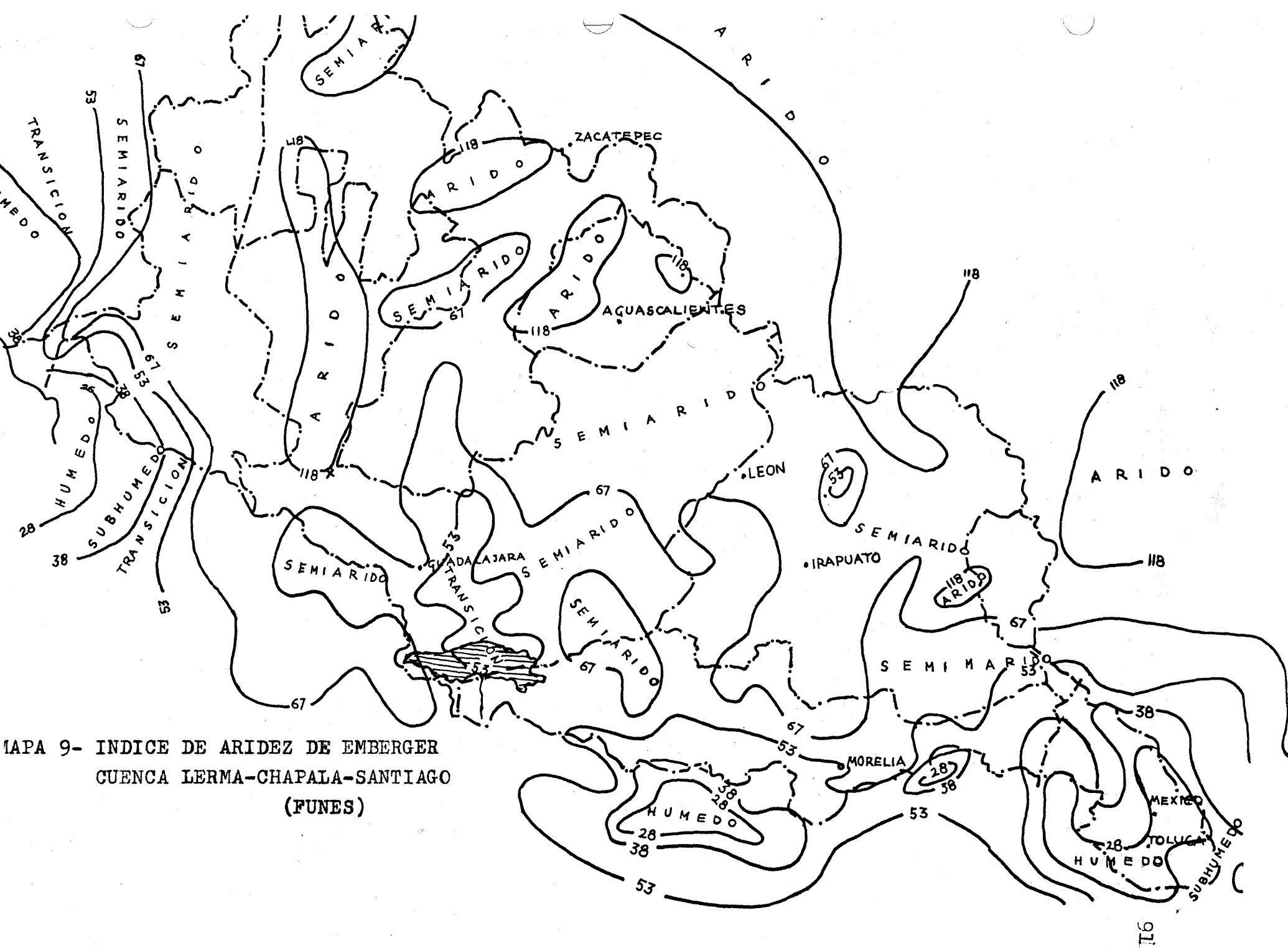
Lugar		E.	F.	M.	A.	M.	J.	J.	A.	S.	O.	N.	D.	PROMEDIO ANUAL	TIPO DE CLIMA (según García de Miranda)
La Barca	T.	17.7	18.0	19.5	22.5	22.9	22.0	21.8	22.4	22.4	21.7	19.2	19.9	20.7°C	(A)C(w <sub>0</sub> )(w)a(i')g
	P.	16.7	7.4	6.9	8.2	26.9	161.8	175.6	148.3	107.9	60.7	21.6	10.3	752.2mm.	
Chapala	T.	16.8	18.2	20.0	21.9	22.8	22.2	21.0	20.9	20.7	20.0	18.6	16.8	20.0°C	(A)C(w <sub>0</sub> )(w)a(i')g
	P.	7.8	3.0	5.9	6.5	23.1	170.7	206.0	181.9	134.6	50.5	14.7	8.4	813.1mm.	
El Fuerte	T.	17.6	19.3	21.6	23.4	24.7	24.0	23.1	23.6	23.7	22.0	19.5	17.9	21.7°C	(A)C(w <sub>0</sub> )(w)a(e)g
	P.	11.2	2.8	5.7	3.1	20.4	182.2	209.9	178.7	133.7	47.6	13.5	10.0	818.8mm.	
Jocotepec	T.	17.6	18.2	19.8	21.0	22.2	21.5	20.3	19.7	19.8	19.5	18.0	17.7	19.6°C	BS <sub>1</sub> hw*(w)ig
	P.	10.9	0.9	1.0	11.7	26.2	137.1	187.1	115.3	120.0	30.2	9.0	9.3	658.7mm.	
Isla de Mexcala	T.	18.3	19.7	21.7	23.7	24.7	23.2	22.3	22.0	21.5	21.6	20.6	18.6	21.5°C	A(C)(w*)(w)(i')g
	P.	10.4	4.7	4.2	1.1	16.9	196.9	191.1	238.2	233.8	66.6	16.6	59.2	1039.7mm.	
La Palma (Michoacan)	T.	14.3	15.8	18.2	20.6	22.1	22.0	20.5	20.6	20.1	18.9	16.4	14.6	18.7°C	(A)C(w <sub>0</sub> )(w)a(e)g
	P.	13.7	2.0	4.3	4.9	27.1	158.4	164.3	148.0	123.2	50.5	16.3	10.0	722.7mm.	
Poncitlán	T.	17.6	18.6	20.3	21.4	22.5	22.7	21.7	21.8	21.3	20.6	19.2	17.9	20.5°C	(A)C(w <sub>0</sub> )(w)a(i')
	P.	8.6	3.2	3.5	5.8	23.6	152.4	203.7	156.5	116.8	44.5	18.3	5.8	742.7mm.	
Tuxcueca	T.	15.7	17.5	19.8	21.6	22.7	22.7	20.8	20.9	20.4	19.3	17.5	15.7	19.6°C	(A)C(w <sub>0</sub> )(w)a(e)g
	P.	11.0	2.6	1.4	11.3	28.6	171.2	156.6	143.5	135.9	61.4	13.3	9.0	745.8mm.	

(García de Miranda)



GRAFICA H- GRAFICA DE TEMPERATURA Y PRECIPITACION DE LA ESTACION CHAPALA

(SPP, p. 23)

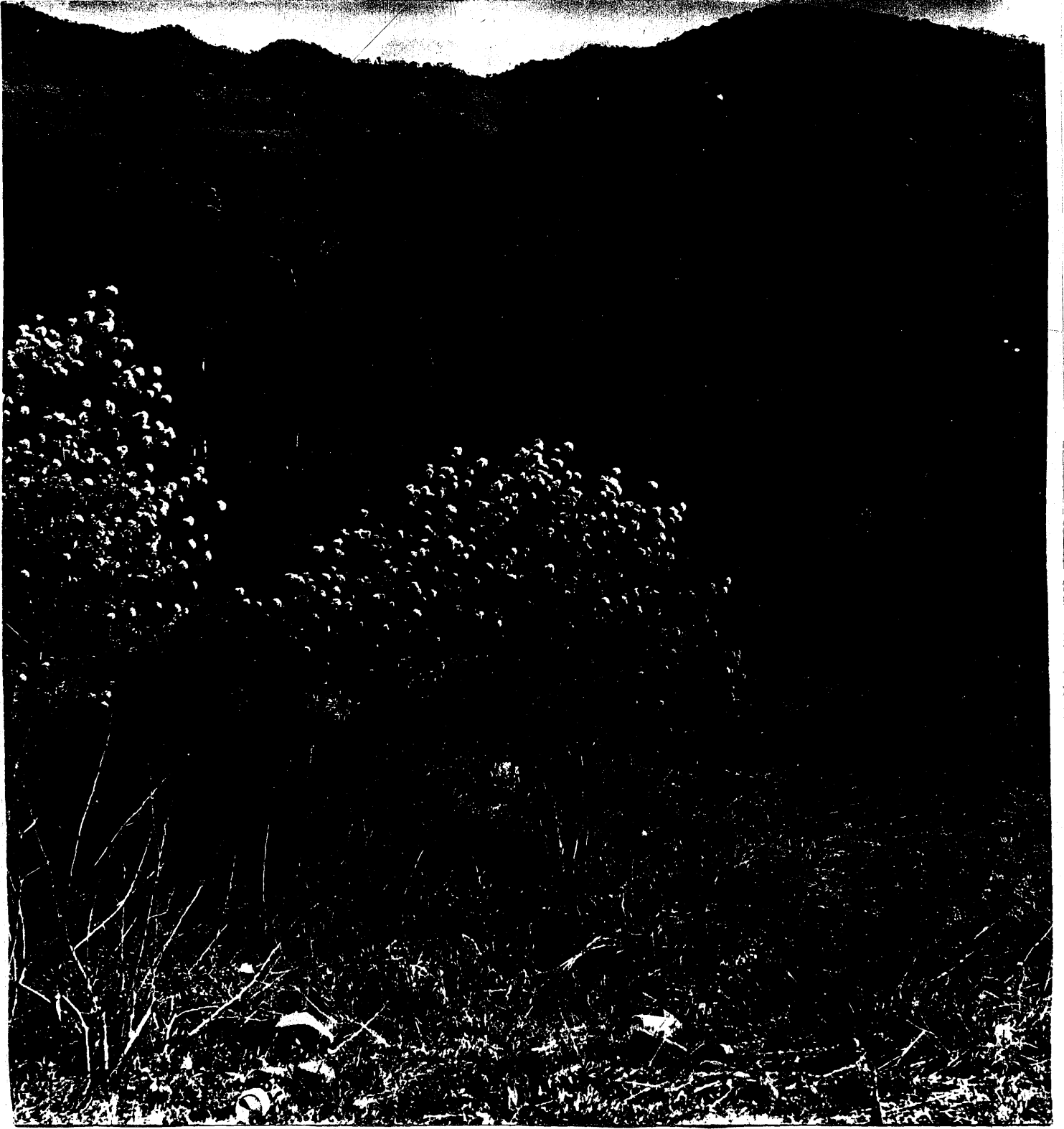


MAPA 9- INDICE DE ARIDEZ DE EMBERGER  
 CUENCA LERMA-CHAPALA-SANTIAGO  
 (FUNES)

cuando están secas. Las áreas montañosas más empinadas o las laderas de escudos volcánicos están caracterizadas por suelos Háplico feocénico, mantillos arenosos, ligeramente ácidos, a veces con una capa superficial fértil y oscura que podría utilizarse para la agricultura si no fuera por la inclinación de las laderas. Como en todos los suelos derivados de materiales volcánicos, éstos son fértiles, altos en contenido mineral, pero sujetos a una deteriorización rápida si no se manejan bien.

Algunos de estos suelos forman los característicos "tepates" cuando están secos. Los suelos de aluvión de la Ciénega presentan un grado mediano de áreas pedregosas o rocosas. Las áreas llanas dejadas por la desecación del lago San Marcos, Atonilco y Sayula al oeste del lago Chapala están caracterizadas por suelos salinos, Solenchak Gléyico, que se han desarrollado del lago y sedimentos de aluvión bajo la influencia de un clima semiárido. Tienen una capa de sales y minerales cerca de la superficie y una capa impermeable en el subsuelo. Como consecuencia son muy infértiles. (SPP, pp. 70-78).

Según Rzedowski (RZEDOWSKI, pp. 197 y 203) esta parte de Jalisco se incluye dentro del Bosque Tropical Caudifolio. Pero la mayor parte de la vegetación está considerada bajo la subdivisión del Matorral Subtropical. Es semi-caduca, es decir que el 70 % de la vegetación pierde su follaje durante la estación seca. La altura promedio de crecimiento de los matorrales es de 2.0 metros, aunque hay especies individuales que alcanzan 5 mts., como el árbol casahuate o acacias. Las especies dominantes son la Bursera spp. (cuajote o copal), entremezclado con algunas formas de cactus, el Opuntia sp. (nopal) u ocasionalmente el cactus alto y delgado, Neobuxbaumia (gigante). Con frecuencia está lo suficiente abierto para permitir el crecimiento de hierbas en los estratos vegetati-



Vegetación típica del matorral subtropical - Lago de Chapala



vos más bajos. En verano, el paisaje es exuberante y verde; en invierno, seco y sin color. Puesto que la relación temperatura-precipitación podría permitir el crecimiento de los encinos (Quercus), pinos, cipreses y cedro blanco, muchos expertos (Rzedowski y McVaugh, 1966; Miranda, 1941) creen que el matorral subtropical es un crecimiento secundario que es el resultado de la destrucción de la cubierta original. Hoy los pinos y los encinos se encuentran en bosques aislados en las áreas más altas de las montañas. También hay áreas pequeñas de pastizales naturales o cultivados; la especie predominante es la hierba Rhodes, Chloris gavana. En los matorrales, muchas de las especies de madera florecen a finales del invierno o en la primavera antes de la salida de las hojas. (RZEDOWSKI, pp. 193-195; SPP, pp. 71-73).

En estas llanuras salinas de las cercanías, los tipos de vegetación son halofitos y mezquites. Algunas de las especies comunes son la Distichlis spicata, Suaeda diffusa (romeritos) y Eichhornia Sp. (lirio de agua). Esta última aparece en diferentes ríos y pantanos alrededor del lago; no es endémica sino que fue introducida durante el siglo pasado. Se propaga con mucha rapidez pero no por medio de semillas, por lo menos en esta región donde está ausente el insecto que ayuda a su fertilización, sino más bien por difusión vegetativa. Otro grupo de plantas encontrado alrededor de las orillas del lago son carretas y tules, principalmente el Scirpus americanus y Thypha sp.

La fauna en cierta época fue muy abundante alrededor del lago; conejo, venado, pavos, tortugas y ranas, y una diversidad de pescado, el pescado blanco (Chirostoma estor y Chirostoma jordani), charales, bagre, el cuchillo, el sogero, la pochcha, la titipa, las pintas y la mojarra en las aguas del lago. Las especies de aves, tanto migratorias como residentes durante

todo el año, que habitan las orillas y las islas del lago también son numerosas: el pato real, la gallareta, ánsar, la garza morena y la gaviota que tiene sus campos de incubación durante el invierno en el lago pero que pasa los meses de verano en el Golfo de México cerca de Florida.

El lago está alimentado principalmente por el río Lerma cuyo caudal debe ser de 2,150 millones de m<sup>3</sup> <sup>al año</sup> cuando entra en la región de la Ciénaga; el río Duero añade 340 millones de metros cúbicos. El río Zula añade 150 millones de metros cúbicos cuando desemboca en el lago en Ocotlán. La cuenca real del lago que incluye un área de 9.370 km<sup>2</sup> vacía 710 millones de metros cúbicos anualmente en el lago. Los únicos ríos que podrían considerarse permanentes en el área de la cuenca son el río de La Pasión y el río San Diego en la orilla sur; todos los demás ríos son intermitentes y fluyen a través de barrancos y arroyos durante épocas de fuertes lluvias, y después se infiltran en los suelos permeables alrededor de las orillas del lago. Además de este flujo natural, el lago recibe aguas de drenaje de las Ciénagas de Chapala y Jamay a través de canales y de las estaciones de bombeo de La Palma y Jamay. La boca del río Lerma es en realidad un delta alargado que se extiende en el lago y que actúa como la línea divisoria entre los estados de Jalisco y Michoacán. A una corta distancia, en tierra firme, de la boca del río, las aguas son desviadas por la presa y el canal de Maltraña. La elevación en este punto es de 1,535 metros sobre el nivel del mar.

A una distancia relativamente corta de donde entra el principal abastecedor de agua, es decir, el río Lerma, el principal desagüe, el río Grande de Santiago, tiene su salida. Pasando a través del pueblo de Ocotlán donde el río Santiago se une al río Zula, se dirige hacia el oeste en dirección a Poncitlán donde se

ha construido una presa que, en efecto, controla el nivel del lago. Esta presa, cuyas esclusas están a 1,519 mts. sobre el nivel del mar (92.20 m.) tiene una altura máxima de nivel de 1524 msnm. Cuando el nivel del lago, en períodos de prolongada sequía, desciende más bajo que el nivel de las esclusas, no pasa el agua al río y hay que profundizar el canal. Sin embargo, antes de la construcción de la presa (entre 1900 y 1910), el nivel del lago era tan bajo a veces (por ejemplo, en 1897) que no había, en forma alguna, ningún desagüe en el río Santiago.

El área total desagüada por todo este sistema del Lerma-Chapala-Santiago es de 129,263 km<sup>2</sup>, el 6.4 % del territorio mexicano. De este total, el río Santiago drena un área de 76,752 km<sup>2</sup> y el Lerma 39,400 km<sup>2</sup>, incluyendo el lago de Chapala. De acuerdo con todas las normas, este es uno de los sistemas fluviales más grandes del mundo. Para México, su importancia reside no solamente en su longitud, sino también en las importantes regiones agrícolas e industriales que comprende.

El río Lerma nace en el Valle de Toluca, en una serie de manantiales y pantanos al pie de las montañas del Monte de las Cruces que lo separan del Valle de México. Es esta área de donde se extrae el agua potable para la Ciudad de México, unos 9 m<sup>3</sup> por segundo. El nivel del flujo del joven río parece que no se ve muy afectado por esta extracción; sin embargo, los niveles de los mantos freáticos han disminuido drásticamente, casi unos 9 metros en algunas partes del Valle de Toluca.

Según escurren las aguas a lo largo del valle en dirección noroeste, el caudal aumenta por los ríos alimentados por la nieve derretida del Nevado de Toluca. Desgraciadamente, estos ríos, el Verdiguél y el Tejalpa, cruzan el área urbana de Toluca y están altamente contaminados con las aguas negras y descargas industria-

les tóxicas. Más bien el río en sí es, en esta etapa, un canal y se usa para riego dentro del Valle. Al juntársele el río Oztolotepec por la derecha, el río desagúa en la presa José Antonio Azate (San Bernabé) construída en 1962.

Cuando el río, al que se han juntado por el lado derecho, el río Santo Domingo y, por la izquierda, el río Jaltepec, comienza a cruzar el Altiplano Meridional, serpentea a través de los antiguos depósitos lacustres planos. Más abajo de Boquilla de Espejel, el río se precipita de 2,514 mts. a 2,453 mts. y se ha construído una planta hidroeléctrica con una capacidad de 10,000 kws. A la salida, las aguas se usan para el Distrito de Riego Toshi (Toxi). A través de una serie de rápidos, el río desciende otros 200 mts. hasta el Valle de Temascalcingo a 2,260 mts.

Abandonando este valle, el río también deja el estado de México y, durante unos 10 kms., forma la frontera entre Michoacán y Querétaro. Una vez en el Estado de Michoacán, el río dobla hacia el suroeste donde ha sido contenido en una presa para llenar la depresión de Tepuxtepec, el lecho de un antiguo lago que ha sido drenado según el río Lerma iba profundizando el lecho. Esta presa que, de hecho, ha restaurado el antiguo lago, tiene una capacidad máxima de 371 millones de  $m^3$  y se usa para la producción de electricidad así como para el riego del Distrito de Maravatío.

Desde Maravatío, el río desciende en una serie de escalones hasta el valle de Acámbaro en el Estado de Guanajuato. Aquí está situada la Presa Solís con su capacidad máxima de 968 millones de  $m^3$ , que regula el agua de un distrito de riego de 100,000 hectáreas. Entonces, a una altura de 1,854 mts., el río entra en otra serie de rápidos antes de llegar a los canales de riego de Salvatierra y el Distrito de Riego del Alto Lerma. (véase mapa 12, p. 122)

El Valle de Salvatierra marca el comienzo del rico distrito

agrícola conocido como El Bajío, que se extiende desde Acámbaro hasta La Piedad, en el oeste y que llega incluso hasta el noroeste de Querétaro. Esta área, con sus fértiles suelos chenzen y con agua abundante del Lerma y sus tributarios, consiste en una serie de valles que van descendiendo: Salvatierra, Jaral del Progreso, Santiago, Salamanca y La Piedad. Es aquí donde el río Lerma recibe sus tributarios más fuertes, el río Angulo, La Laja, el Guanajuato, Silao y Turbio. El río Lerma también se conecta con el lago Yuriría, que recibe alguna de sus aguas de los canales de riego del río, regulado por instalaciones que vienen desde los tiempos coloniales. Hoy el lago está casi completamente lleno de lirios acuáticos hasta el punto de extinción.

Dejando La Piedad a 1,670 mts., el río desciende a Yurécuaro, Michoacán, donde se une al Valle de la Brava con sus zonas agrícolas de La Barca, Ciénaga de Chapala y Jamay. El río Duero se une al Lerma en este punto y entonces el río es absorbido por la red de riego a la orilla del lago de Chapala a 1,535 mts. de altitud.

El río Grande de Santiago comienza en el lago de Chapala, en Ocotlán, y dobla hacia el oeste, hacia Poncitlán y Atequizar en una dirección casi paralela a la dirección este-oeste del lago, pero al otro lado de las montañas bajas que siguen la orilla norte del lago. En Juanacatlán, el río pasa a través de otra planta hidroeléctrica, cayendo en un salto de agua impresionante hasta 1,509 mts. Rodeando la ciudad de Guadalajara, se le une el río Verde, uno de sus tributarios más importantes, con un flujo anual de 720 millones de  $m^3$ . Continuando hacia el norte en dirección a San Cristóbal de la Barranca, se junta al río Juchipila, a 998 mts. de altitud. Aquí comienza a dar vuelta hacia el oeste, una vez más, y después, a través de unos 400 kms. de barrancas muy profundas,

cruza la Sierra Madre Occidental. Da vuelta hacia el noroeste al entrar en el Estado de Nayarit, a través de un terreno tan escabroso y difícil que permanece aislado hasta el presente. El río Bolaños, que sirve de frontera entre Jalisco y Nayarit, se junta al río Santiago en este punto. Una vez a través de las montañas, el río, al que se ha unido el río Huaynamota, da vuelta abruptamente hacia el oeste para cruzar unos 100 kms. de llanura costera y desemboca en el Océano Pacífico a unos 30 kms. al norte de San Blas.

CAPITULO VACTIVIDADES ECONOMICAS RELACIONADAS CON EL LAGO DE CHAPALA

Sería seguro decir que, aproximadamente, las mismas condiciones climáticas, vegetativas y de fauna existían en tiempos prehistóricos tanto en el lago de Chapala como también en el Valle de México, teniendo en cuenta las diferencias de altura. En efecto, los mastodontes, mamutes, camellos prehistóricos, felinos gigantes, elefantes y caballos que abundaban durante el Pleistoceno Superior en el Valle de Anáhuac, (véase mapa 4, p. 31) también debieron poblar las áreas alrededor del lago de Chapala (o el lago pluvial Jalisco que existía entonces). De acuerdo con las piezas fosilizadas de huesos encontradas por el Dr. Enrique Flores Tritschler, Director del Instituto de Astronomía y Meteorología de la Universidad de Guadalajara, estos animales existían en el área desde hace unos 50,000 años. No hay evidencia firme de coexistencia humana con estos animales aunque se encontraron algunos glifos de hace unos 28,000 años a la entrada de una cueva cerca de Ciudad Guzmán. (UNOMASUNO, 24 de enero de 1981).

Existe una gran controversia sobre las fechas de los primeros habitantes humanos o humanoides de Norte y Sudamérica; de todas las afirmaciones, contrafirmaciones y controversias sobre los métodos de precisar las fechas, parece que ciertos datos son irrefutables: que procedían del continente asiático o que, por lo menos, tenían un antepasado común con el pueblo mongoloide asiático de hoy en día; que el punto lógico para que cruzaran grandes hordas de gentes era el estrecho de Bering, el cual era un puen-

te de tierra, puesto que esto coincidió con niveles bajos en los océanos en los períodos glaciales, y que ellos trajeron la tecnología para tales artefactos como herramientas de obsidiana y de hueso. (CANBY, p. 330; FLADMARK, p. 1228). Rodeando las grandes masas de hielo que con mucha frecuencia obstruían su camino, estos invasores nómadas se movían generalmente del noroeste hacia el sudeste, siguiendo los valles de ríos y lagos hacia climas más templados y fértiles. Debido a su situación geográfica, la región del lago de Chapala debe de haber sido una ruta atractiva para seguir.

De la poca evidencia que tenemos, estos habitantes primitivos de los altiplanos centrales occidentales eran cazadores y colectores con herramientas primitivas, con cestos y alfarería bien desarrollada. Estaban ampliamente organizados en grupos familiares y adoraban a dioses animales como lo indican sus pictografías y figuras esculpidas en hueso. Olas sucesivas de inmigrantes se precipitaron desde el norte: grupos tales como los Olmecas, Nahuas, Otomíes y los Toltecas pasaron a través del territorio de Jalisco.

Una agricultura primitiva y la vida sedentaria asociada con ella fue traída por las tribus Nahoas. Sus cosechas eran: maíz, frijol y calabaza; también tenían algodón y la planta del magüey para fibras y pulque. No tenían herramientas de metal ni animales de trabajo; el único metal que usaban era el oro en estado original y, más tarde, el cobre. El comercio era por intercambio y estaba limitado a lo que los hombres podían cargar a su espalda y a la distancia que podían recorrer. La sal era uno de los objetos principales de este intercambio; "panes" de sal hechos por los habitantes de las áreas costeras del Pacífico se usaban como un tipo de moneda y tenían un valor real mayor que el oro. En las



costas del mar y en los lagos la gente pescaba y atravesaba cortas distancias en canoas primitivas. (CHAVERO, pp. 119-129).

Había una división definida del trabajo entre los agricultores, los que recogían madera, los artesanos de cestos y de cerámica, los pescadores, los tejedores, sacerdotes, cazadores y guerreros. No hay evidencia de que hicieran sacrificios humanos; sin embargo, eran fieros en las batallas y trataban de exterminar a sus enemigos. Los productos agrícolas daban a la gente una dieta limitada, la mortalidad infantil era alta debido a la malnutrición y era necesario suplementar a la agricultura con la caza de pequeños animales salvajes, con la recolección de productos forestales y con la pesca en los lagos. Los sacerdotes controlaban la distribución de los productos alimenticios, apartando lo suficiente para el uso de las clases no productoras y almacenando durante los años de sobreproducción para usarlo durante los años de escasez. (PALERM Y WOLF, p. 48).

No tenían escritura fonética, sino una representación figurativa en jeroglíficos. Sus números estaban basados en series de 10; tenían un calendario con semanas de 5 días y meses de 20 días; su año era de 365 días con 18 meses de 20 días cada uno y cinco días "sin uso" (CHAVERO, pp. 131-138).

En los primeros años, preferían cultivar el suelo flojo de las faldas de las montañas, tierras de arbustos y de bosques, puesto que su única herramienta para la agricultura, la "coa", no podía romper el complejo sistema de raíces de las hierbas en los lechos de los ríos y en los valles. Estas prácticas trajeron como consecuencia la destrucción ecológica en muchas áreas. En la mayor parte, dependían de las lluvias, alternando campos para permitir que algunos quedaran en barbecho. Sin embargo, Palerm cita cinco lugares alrededor del lago de Chapala que tienen restos de proyec-

tos de riego, probablemente de un origen más cercano Coca o Texcucca: Ajijic, Cuitzeo, Jocotepec, Poncitlán y Teocuitlatán. (PALERM Y WOLF, p. 36). En cualquier lugar en que aparecen restos de irrigación, hay la posibilidad de un desarrollo urbano mayor. Y hay evidencia de lugares arqueológicos urbanos tanto en Chapala como en Ixtlahuacán del Río.

La cultura puperecha se desarrolló de la fusión de los principales pobladores y de los grupos Nahoas más sofisticados. La nación purepecha creció hasta hacerse poderosa y el área se vio poblada densamente. Su influencia formó una amplia zona desde el Pacífico hasta los actuales estados de Guanajuato y Querétaro, separando a las tribus salvajes, los Chichimecas, en el norte, de las culturas más avanzadas del sur. Los puperaechas eran belicosos e independientes, que capturaban prisioneros de guerra para los sacrificios humanos. La mayor parte de las tribus emigrantes evitaban pasar por sus tierras; sin embargo, hubo un grupo que lo hizo: los mexicas. Eran la última de las diferentes tribus que habían emigrado desde la legendaria Aztlán, precipitándose a llenar el vacío dejado por la caída de Tula en los altiplanos meridionales. Los mexicas, que pertenecían a las tribus Meca, pueden haber tenido un origen común con los primitivos purepechas; de todas formas, entraron en su territorio, deteniéndose en su larga migración quizá primero en la isla de Mezcala en el lago de Chapala, y de aquí al lago de Pázcuaros, buscando siempre un medio ambiente lacustre. Sirvieron a los purepechas y adquirieron mucho de su cultura, incluyendo sus actitudes belicosas y los rituales de sacrificios humanos. Su dios, Huitzilopochtli, sufrió también una transformación convirtiéndose en una deidad feroz que los obligó a cambiarse al Valle de Anáhuac. Según los Anales de Cuauhtlitén, les llevó a los mexicas 302 años hacer este largo viaje. Habían salido de Az-

tlán, que tanto Chavero como Jiménez Morano sitúan en la isla de Mexcaltitén en medio del delta pantanoso salado del río San Pedro en la costa de Nayarit, alrededor del año 583 d. de C. y finalmente llegaron a las afueras del valle de México en el año 885 d. de C. (CHAVERO, p. 466; NATIONAL GEOGRAPHIC, junio, 1968, p. 876). Esta puede haber sido la primera "ola" de emigrantes. Su presencia en el Valle de México no se notó hasta el siglo XII.

El centro de la nación pupéreacha estaba hacia el este, en Tsintzuntzan, en el lago de Páztcuaro; su influencia se extendía hasta la orilla del lago de Chapala donde tenían minas de plata. Además de la minería y la agricultura, sus actividades económicas incluían los textiles, curtido de pieles, cerámica y la fabricación de adornos de plumas. Usaban el método de cera perdida para trabajar el oro y la plata y también usaban el cobre para herramientas y para joyería. Su negativa a someterse al dominio de los aztecas indica que el comercio en otras áreas tuvo que seguir rutas indirectas.

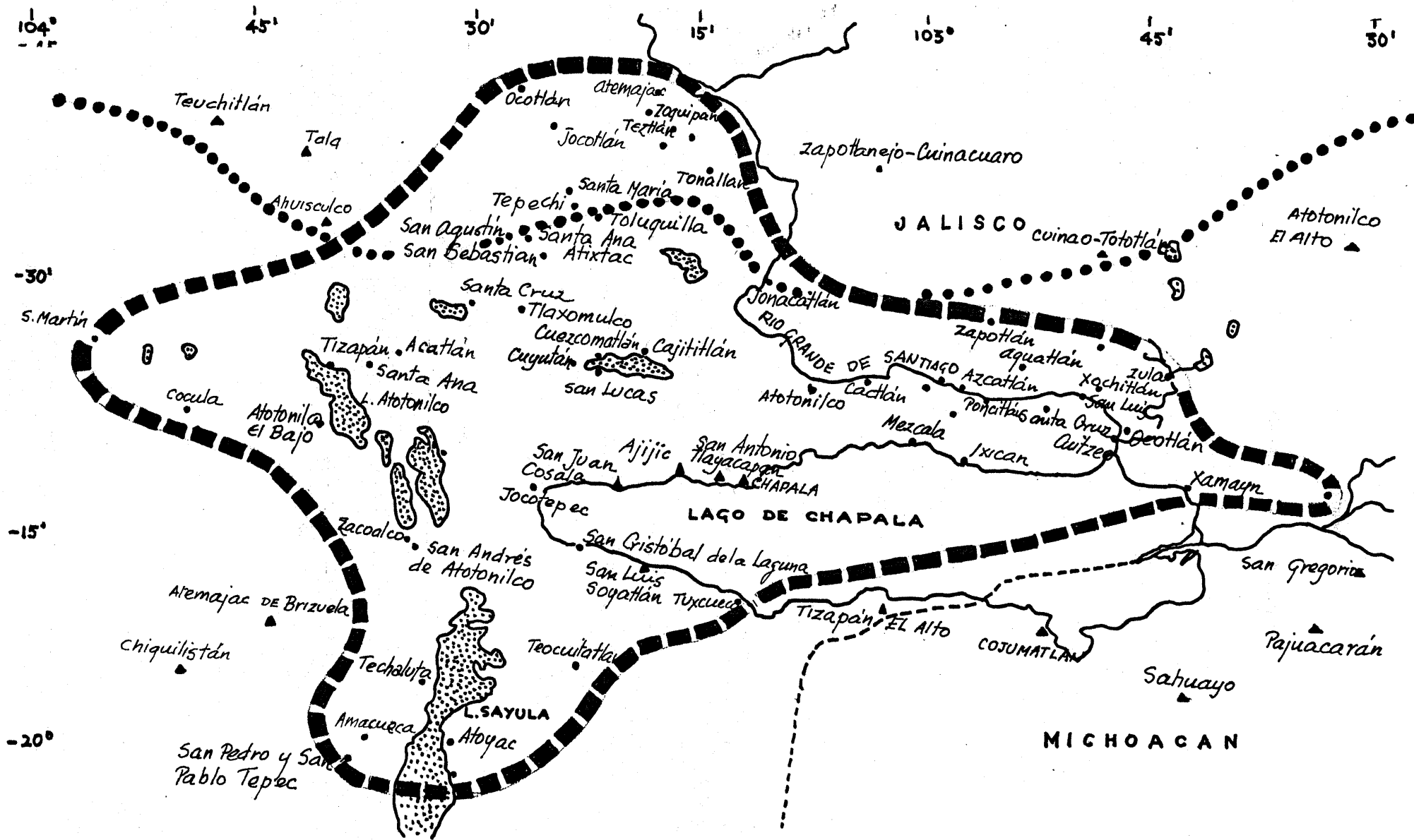
Finalmente, el poder militar de los aztecas se movió contra los pupéreachas para lograr el dominio de estas rutas comerciales y para obtener prisioneros para la inauguración de la nueva piedra del calendario, la Piedra del Sol. En 1480, los señores de Anáhuac, Totoquihuaztli de Tlacopan, Netzahualpilli de Texcoco y Axayácatl de Tenochtitlán, reunieron un ejército de 24.000 hombres y, con gran esplendor, marcharon contra los pupéreachos, creyéndose invencibles. Acamparon cerca de Tzipécuaro, donde se vieron enfrentados a un ejército que era casi el doble en número del suyo, bien armado y disciplinado bajo el famoso rey purepecha, Zizipandácuare. Su derrota fue terrible. Axayácatl murió poco después de remordimiento y dolor. Así, la cultura puperecha se mantuvo aislada de la del sur incluso después de la llegada de

los españoles. (CHAVERO, p. 769).

A comienzos del siglo XVI, los puperechas dominaban las orillas del sur del lago de Chapala, aproximadamente en el área que hoy está ocupada por el estado de Michoacán. Pero las orillas del noroeste, del norte y del oeste estaban habitadas por dos grupos étnicos, los Cocas y los Tecuexes. (véase el mapa 10). Estas tribus tenían lenguas diferentes, aunque con una raíz común de la familia Yuto-Azteca. Aunque en muchos casos vivían juntos pacíficamente e incluso se casaban entre ellos, estos dos grupos participaban en "Guerras Floridas" entre las ciudades; Ttotlán (Cuinao) contra Cuisao y Poncitlán, y Tonallan, Tetlá y Tlacapan contra Poncitlán. El propósito de estas guerras era capturar víctimas para los sacrificios.

Ambos grupos luchaban agresivamente contra los Cazcanes hacia el norte y las batallas entre estas tribus continuaron hasta la llegada de los españoles. La relación entre los tecuexes y los Chichimecas hacia el norte era amistosa; más tarde se unirían para luchar contra los españoles. (BAUS DE CZITROM, p. 78 et al.).

El territorio Tecuexe se extendía hasta el valle del lago Magdalena, que hoy es el vaso de un lago seco pero que en aquellos tiempos era un valle fértil y verde lleno con un gran lago. El -- mercado o "tianguis" en Etzatlán se celebraba cada cinco días, de acuerdo con su semana. No solamente se vendían frutas y vegetales sino también cacao, sal, maíz, algodón y productos del lago: pescado y artículos hechos de mimbres tejidos y juncos de las orillas del lago. Se intercambiaba oro, plomo y plata y también mercancías y productos de lugares tan lejanos como Nuevo México. La población de Etzatlán en el último período Post-Clásico se estima alrededor de 17,000 habitantes. (WEIGAND, p. 417, citado por Baus de Czitrom, p. 26).



- ■ TERRITORIO COCA
- ● TERRITORIO TEXCUEQUE

MAPA 10- LA REGION DE LOS COCAS Y TEXCUEQUES  
ENTRE 1530 y 1650.

(BAUS DE CZITROM, pp. 17 y 56)

El lugar actual de Guadalajara era también un mercado floreciente, al centro del cual Van Young, (VAN YOUNG, pp. 59-60) lo llama la región más densamente poblada del oeste de México, fuera de los lugares purépechas. En 1530, algunas de las ciudades situadas en un radio de 3 leguas (16 kms.) de Guadalajara tenían las siguientes poblaciones (TELLO, II, pp. 85-86):

Tetlán.....	4,000	habitantes
Tlaquepaque.....	2,000	"
Zalatitlan.....	1,000	"
Atemajac.....	3,000	"
Ocotlán.....	1,500	"

Poblaciones de este tamaño indican que había una agricultura bien desarrollada y productiva. La presencia de numerosos centros en los valles de los ríos y especialmente agrupados alrededor de los muchos lagos en el área podría indicar el uso de sistemas de irrigación, un hecho apoyado por los hallazgos de Palerm. (PALERM AND WOLF, pp. 36-42). Guajolotes, huevos de guajolote, pescado y animales salvajes completaban la dieta con la proteína necesaria. Chía, amaranthus (huautli), palmitos y cacao para beber eran productos importantes. El uso de miel indica que tenían colmenas. La sal estaba controlada por los Cazcanes y se usaba para el dominio económico y político. En una ocasión pudieron privar a un grupo de Tecuexes de la sal durante 290 años, situación difícil puesto que la dieta nativa generalmente no contaba con minerales (BAUS DE CZITROM, p. 22).

Usaban metales para adornos de los hombres, barbas postizas, collares y brazaletes de oro y también como herramientas para trabajar la tierra.

No se puede distinguir entre los dos grupos en su desarrollo cultural y técnico puesto que la interrelación entre ellos era

confusa y compleja. Su organización social era en realidad una vaga confederación de ciudades y pueblos que se mantenían unidos de acuerdo con la lengua hablada. Cada grupo tenía un jefe o "cacique", que podía ser una mujer, y toda la estructura se mantenía a veces junta, pero no siempre, por medio de un rey.

El comercio estaba centrado alrededor del lago de Chapala en el pueblo de Xamyn (Jamay). Este pueblo de la federación coca era el centro de una clase de comerciantes que tenían libertad considerable entre las tribus en guerra. También adoraban a su propio dios, Pregon, y en muchas formas se parecían a los Pochtecas de la sociedad azteca.

La presencia de lagos y de varios ríos navegables fomentaba el uso de botes para el transporte y para la pesca. La construcción más común era de troncos ahuecados en canoas para remar; también había pequeñas "chalupas" impulsadas por maromas y "balsas fundadas sobre tecomates que son vnas grandes calabazas". Los botes eran empujados, en aguas poco profundas, con estacas o remolcados desde las orillas con cuerdas o por dos o más nadadores en aguas poco profundas. (BAUS DE CZITROM, pp. 73-74). En el lago de Chapala, pescaban con redes y anzuelos, usando canoas de cañas.

Fue sobre este medio ambiente sobre el que cayeron los españoles inesperada y castróficamente. El efecto de su llegada sobre las poblaciones nativas ha sido relacionado por López Portillo y Rojas como una invasión, hoy en día, de seres extraterrestres decididos a destruir nuestro mundo. Ellos perdieron todo; si no sus vidas, sí sus casas, su tierra, sus posesiones, su herencia cultural y su dignidad como seres humanos.

Hernán Cortes, inmediatamente después de dominar el centro de México, envió expediciones encabezadas por algunos de sus partidarios de mayor confianza, Cristóbal de Olid, Alonso de Avalos

y Juan Alvarez Chico, para que buscaran oro y plata y una ruta hacia el Pacífico. Otros dos jefes, Gonzalo de Sandoval y Cotés de San Buenaventura, en expediciones separadas, cruzaron la depresión del lago de Chapala hasta llegar al río Ameca y encontraron varios poblados en Colima. Los resultados de estas primeras expediciones no fueron muy alentadores para los españoles; confrontaciones con los grupos de indios fueron muy pocas y no llevaron a ninguna conclusión. En su mayor parte bordearon alrededor de las poblaciones indias y por eso no lograron el control militar de la región. Y no encontraron evidencia de las legendarias minas de oro y plata.

En 1529, el presidente de la Audiencia Real de la Ciudad de México y enemigo jurado de Hernán Cortés, Nuño Beltrán de Guzmán, inició su propia expedición hacia el norte, decidido a encontrar oro y a crearse un imperio más grande que el de Cortés. Si tuvo éxito se debió a la fuerza de su ambición y a su brutalidad. Después de asesinar al rey purepecho en las orillas del río Lerma y de controlar todo el oeste de Michoacán, el suroeste de Guanajuato y el sureste de Jalisco, llegó a Tototlán en febrero de 1530. Aquí reprimió brutalmente al pueblo y a sus jefes. Después, en Tonallan, fue recibido por una población aterrorizada y decidida a someterse pacíficamente y a salvarse. Su falta de jefes o de un rey en esos momentos, es aparente. Guzmán pudo tratar con cada ciudad cacique por separado, usando la enemistad entre ellos en ventaja propia. Aprisionó, torturó y mató a sus jefes, capturó a sus pueblos, marcándolos como ganado y conduciéndolos como esclavos. La población de Nueva Galicia, que había sido de unos dos millones al comienzo de la conquista, descendió a 24,300 indios y a 1,290 españoles en 1570. (VIVO, 1946, p. 285).

Después de conquistar Jalisco, Guzmán rodeó las antiguas ciu-



dades chichimecas de La Quemada y Nochistlán y después se dirigió al oeste, a Tepic, y hacia el norte hasta la costa. Su objetivo era conquistar y esclavizar a todos los habitantes que fuera posible y, al mismo tiempo, unir el área al río Pánuco y al Golfo. Su reino dinámico y cruel tuvo varios efectos que perduraron bastante. La provincia de Nueva Galicia con su capital en Guadalajara, iba a convertirse en una entidad fuerte, autónoma e independiente que mantuvo conexiones políticas muy débiles con el gobierno de la ciudad de México. También echó las semillas del odio y del descontento entre las poblaciones indias que produjeron algunas de las rebeliones más sangrientas de los indios.

La primera ubicación de la ciudad de Guadalajara, llamada así por el lugar del nacimiento de Guzmán en España, fue en Nochistlán. Así como Cortés había construido la Ciudad de México sobre las ruinas de Tenochtitlán, Guzmán estableció la primera Guadalajara en el lugar del poder y la capital de los reyes chichimecas. Esto resultó peligroso y además la ciudad estaba aislada de los colonizadores españoles y la ciudad fue trasladada a Tonalá y después a Tlacotlán. Su primera consideración en estos dos traslados fue para protegerse de los ataques y su miedo estaba bien justificado. En 1541, aprovechándose de la ausencia de la guarnición militar que se había juntado a la expedición de Vázquez de Coronado hacia el norte en busca de las ciudades legendarias de Cibola y Quivara, varios grupos indios se levantaron en franca rebelión en la guerra de Mixtón que duró hasta 1542.

Su grito de batalla no fue solamente contra la ocupación militar de los españoles sino también contra la Iglesia católica, que había construido iglesias y había reunido grupos de indios conversos en sus misiones. La población de Chapala fue "fundada" (previamente había sido una ciudad coca próspera) por Fray Miguel

de Bolonia en 1538; la iglesia de San Antonio en Ajijic también pertenece a este período. Inmediatamente después de la conquista se construyeron capillas en muchas áreas alrededor del lago. No todas prosperaron; fuertes vientos destruyeron la iglesia de Jocatepec. En San Juan Cosalá, surgieron dos géisers calientes que el párroco, tratando de impresionar a los nativos, dijo que eran obra del diablo. Esto removió cierta conciencia oscura y antigua, porque los indios respondieron arrojando a las aguas hirvientes a cinco niños, propiciando así al diabólico dios cristiano. Estos asentamientos y misiones en todo Jalisco fueron amenazados por los indios rebeldes así como también la ciudad de Guadalajara.

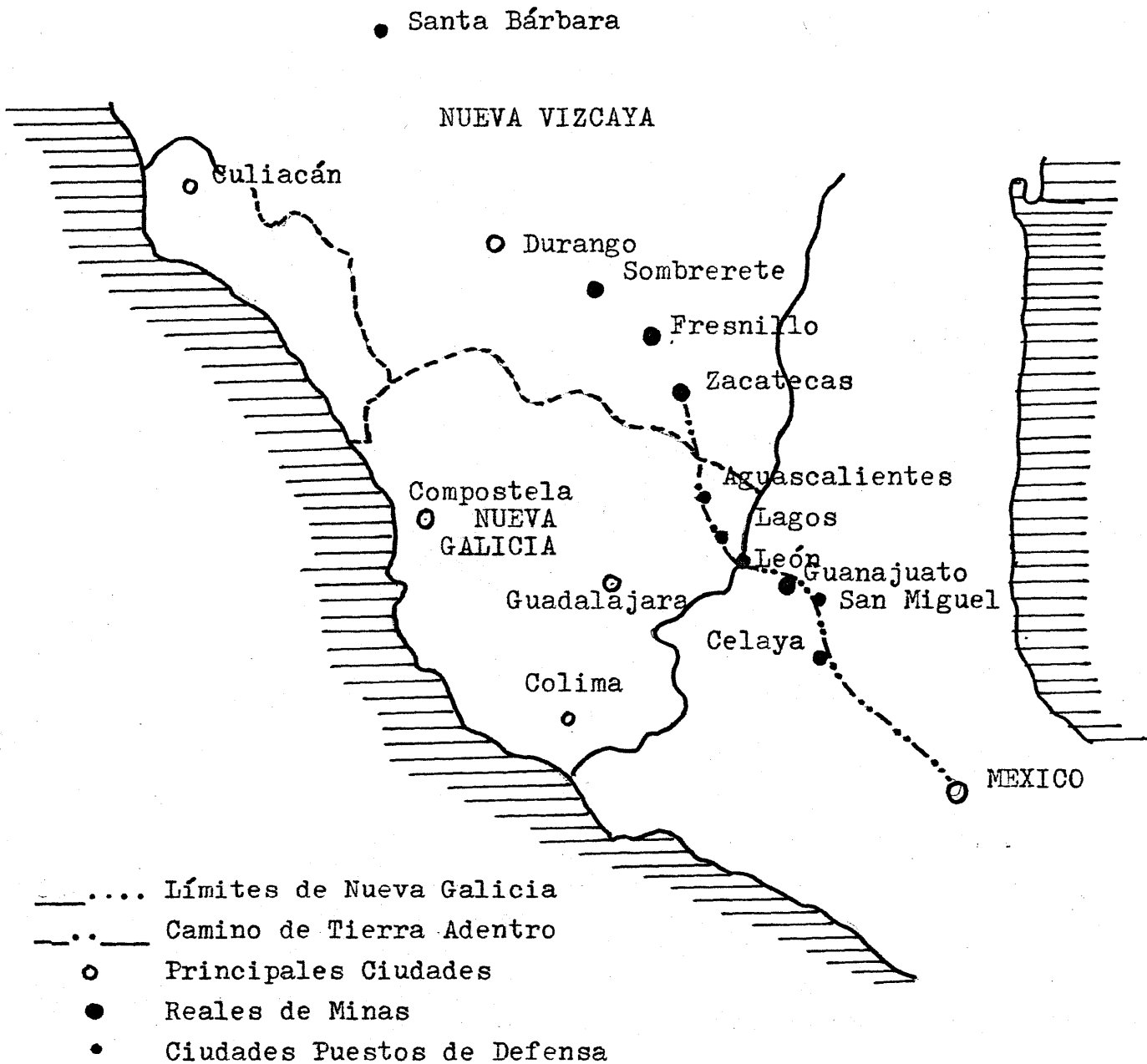
Los indios habían recuperado el control de Nochistlán y fortificaron varias ciudadelas en los cerros para refugiarse en ellas después de los ataques. No tenían ni caballos ni armas de fuego, pero el peso de su número y su fanatismo demostraron que eran un peligro real que el gobierno local no podía controlar. Don Luis de Castillo y Don Pedro de Alvarado, conquistador de Guatemala, fueron llamados de la costa donde estaban preparando una armada para explorar el río Colorado y fundar colonias. Este grandioso plan no sería jamás llevado a cabo porque la situación de la Nueva Galicia se había vuelto lo suficientemente peligrosa para tener prioridad sobre todo lo demás. Pedro de Alvarado llegó a Guadalajara en junio de 1541 y, subestimando la fuerza de la rebelión y lo difícil del terreno durante la temporada de lluvias, se dirigió a Nochistlán. No solamente resultó mal el ataque para los españoles, sino que el mismo Alvarado fue derribado por su caballo en las laderas llenas de barro y murió pocos días después de sus heridas. Finalmente, el Virrey Antonio de Mendoza, viendo que Guadalajara estaba rodeada por multitudes de indios rebeldes, envió a sus comandantes militares para que atacaran y, con su armamento

superior, decimaron a los rebeldes. Uno por uno, lograron superar los puntos de resistencia de modo que para cuando regresó Coronado, el área ya estaba pacificada. (CASARRUBIAS, p. 80). Mientras tanto los residentes de Guadalajara habían decidido cambiar de nuevo la ubicación de la ciudad y la movieron al lugar actual, la población india de Mezquitán, en el valle de Atemajac.

Guadalajara recibió el título de ciudad en 1542 y en 1560 se convirtió en la capital de Nueva Galicia, sustituyendo a Compostela. La población que en 1542 se registraba como de 63 "vecinos" o cabezas de familia nacidos en España, aún permaneció baja hasta fines del siglo XVIII cuando el primer censo de 1777 registró 21,163 habitantes. En este caso, los mestizos, mulatos, esclavos negros e indios fueron también contados, lo cual no se había hecho en los primeros censos. (RIVIERE D'ARC, p. 31).

El desarrollo económico de Nueva Galicia durante el período colonial estuvo basado en tres actividades: minería, agricultura y comercio. En realidad, el deseo de encontrar riquezas de minerales fue lo que llevó a muchos habitantes españoles a Guadalajara y a otros centros de Nueva Galicia, pero no se convirtió principalmente en un centro minero. Las minas de Zacatecas al norte fueron descubiertas por Juan de Tolosa en 1546 y una ruta directa interior, el "Camino de Tierra Adentro" fue construida desde Zacatecas a la Ciudad de México. (véase mapa 11). Para proteger esta ruta, se establecieron a todo lo largo de la misma: San Miguel de Allende (1555), Celaya (1571), Lagos (1563), Aguascalientes (1575) y León (1576). Así, las minas del norte y las guarniciones estaban conectadas más cercanamente con la Ciudad de México que con Guadalajara.

En el desarrollo de la agricultura en la región, la falta general de mano de obra india fue siempre una desventaja. Era más



MAPA 11- EL CENTRO OESTE PRINCIPIOS DE LA EPOCA COLONIAL.

(RIVIERE D'ARC, p. 37).

fácil criar ganado o plantar una sola cosecha, como trigo, que no requerían una mano de obra agotadora. El suelo y el clima del este de Jalisco, Los Altos, hasta el norte de Aguascalientes, y hasta el sur, en el lago de Chapala, era ideales para estas actividades. Eran también ocupaciones familiares para los "hidalgos" y aceptables para su forma de vida, pues muchos procedían de las regiones altas de Castilla y de Andalucía en España. Las grandes haciendas, características de Michoacán y más hacia el sur en Puebla y Tlaxcala, no se desarrollaron aquí, sobre todo por la escasez de trabajadores. Se formó la tradición de los "Ranchos" donde todos los miembros de familias numerosas contribuían al manejo exitoso de la empresa. Más y más, estas haciendas se convirtieron en ganaderías con todo el folklore y las tradiciones de los "charros" de hoy. A veces había más carne que grano en los mercados de Guadalajara. Se criaban caballos, ganado vacuno, mulas para el transporte a lo largo del Camino de Tierra Adentro, cerdos y grandes rebaños de ovejas y cabras.

Como en los tiempos precoloniales, cuando la tela se tejía con fibras de magüey y algodón, ciertas localidades como Jocotepec siguieron siendo famosas por sus textiles, sólo que entonces, con la introducción de las ovejas, se hicieron telas de lana y sarapes. Se desarrollaron en el área otras pequeñas industrias: jabón de Sayula, Zacoalcos y Atoyac, pieles de Sayula, sillas, "equipales" de Zacoalcos y Atoyac, quesos de Tizapán, serapes, cintos y cordelería de Jocotepec.

Había muchos productos que no se producían en la región y que eran llevados de Querétaro, Zamora, Puebla, etc. Como resultado, Guadalajara, con su extensa zona de influencia, se convirtió en una ciudad de comerciantes. La creación del Consulado Real de Guadalajara el 3 de septiembre de 1791, dio a estos grupos comercia-

les un instrumento para el mejoramiento del comercio. Además de establecer relaciones muy estrechas con el grupo similar del Consulado en la Ciudad de México, fueron capaces de mejorar los caminos y los puentes, de fundar un servicio de diligencias y de abrir ferias anuales tales como la famosa de San Juan de los Lagos. Desgraciadamente, el Consulado no continuó después de 1822 y la posición de Guadalajara de aislamiento de las principales rutas de comunicación y la falta de mano de obra india barata siempre actuó como un freno de su desarrollo económico durante el período colonial. (RIVIERE D'ARC, p. 43).

En el momento de la Independencia, la población de Nueva Galicia había formado una sociedad semiautónoma, religiosa y burguesa de criollos, que no eran muy leales al gobierno real de la Ciudad de México. Prontamente apoyaron las ideas de la revolución, a pesar de su inherente conservatismo. Hidalgo experimentó sus triunfos más grandes en Guadalajara; fue allí donde dio su Proclama liberando a los esclavos. Vicente Guerrero luchó valientemente en la región y un grupo de insurgentes defendió, de las tropas reales, la Isla del Presidio o Mezcala en el lago de Chapala; pero de todos modos la región escapó de la devastación de otras áreas rurales. Guadalajara, considerada un refugio seguro, creció en población y en comercio durante esos años.

La agricultura, tradicional y sin avances tecnológicos, fue el punto de apoyo de la vida en el nuevo estado libre de Jalisco, fundado en 1824. El maíz, los frijoles y el trigo eran las principales cosechas de granos. La ganadería continuó siendo importante. El tequila, procedente del área de la ciudad del mismo nombre, se convirtió en un producto importante. Unos pocos terratenientes acumularon enormes extensiones de tierras que les permitieron vivir en Guadalajara con un gran lujo. Pero la mayoría de

los habitantes del campo en este período eran peones (90 %), que trabajaban como agricultores rentistas o trabajadores con sueldos bajos y normalmente estaban permanentemente endeudados con la tienda de la compañía, "Tienda de rayas". En un nivel social más alto estaban los rancheros, familias numerosas, casi autosuficientes que trabajaban ranchos de ganado o terrenos agrícolas. Estaban limitados por la falta de capital, caminos pobres, métodos agrícolas primitivos y condiciones difíciles de mercado, a lo cual hay que añadir el precio del transporte y los intermediarios.

Aun antes de la terminación del ferrocarril de la Ciudad de México a Guadalajara en 1885, Guadalajara podía haber sido considerada el embudo por el que pasaba la mayor parte del comercio hacia el noroeste. La presencia de unas pocas familias ricas y los rancheros aislados en los estados al norte de Jalisco, como Sonora, Sinaloa, Durango e incluso Baja California, crearon un gran mercado para productos domésticos, telas, productos de papel, repuestos para maquinaria, etc. La idea de carretones para el comercio fue introducida por comerciantes extranjeros que establecieron rutas sobre el noroeste, usando a Guadalajara como "base". Con un mínimo de inversión, algunos de los primeros comerciantes pudieron crear empresas comerciales, como por ejemplo Las Fábricas de Francia.

La Revolución Mexicana en 1910-1920 transformó seriamente la estructura económica y demográfica de Jalisco. La población disminuyó en los años de 1910 a 1921 en un 1.4 %, sobre todo entre los hombres jóvenes entre los 20 y los 25 años, aunque sin embargo el descenso nacionalmente fue de un 5 %. De nuevo hubo un éxodo de las áreas rurales al seguro refugio de las ciudades moderadas y grandes. La violencia de los años de la Revolución continuó con la rebelión "Delahuertista" en 1923, cuando el general Enrique

Estrada, Jefe de Operaciones del Estado de Jalisco, se levantó en armas contra el Presidente Alvaro Obregón. Estrada apoyaba a Adolfo de la Huerta o al menos su derecho a ser candidato a la presidencia aun cuando Obregón prefería a Calles. El movimiento fue reprimido con trágicas pérdidas de vida en la batalla de Ocotlán el 11 de febrero de 1924 y de Palo Verde el 13 de febrero del mismo año. El presidente Obregón entró triunfalmente en la ciudad de Guadalajara el 14 de febrero de 1924. De nuevo en 1926, la región fue sacudida por los terribles actos de venganza y crueldad de la guerra "Cristera". Como represalia por el cierre de las escuelas religiosas y las iglesias por el presidente Calles, el pueblo del este de Jalisco tomó las armas como desafío. Tradicionalistas y conservadores por naturaleza, también eran celosos católicos y las acciones del Gobierno Federal eran una afrenta a sus creencias. Se cometieron atrocidades por ambos lados como el asalto y el incendio, por parte de los cristeros, del tren Guadalajara-México en las afueras de La Barca en el que murieron 113 personas. O la "Vía Dolorosa" a lo largo de las líneas del ferrocarril Guadalajara-Colima donde los cuerpos de los rebeldes cristeros colgaban de los postes del telégrafo. (CASASOLA, vol. 5, p. 1837).

La Revolución y sus consecuencias tuvieron efectos profundos en el Jalisco rural. La Reforma Agraria, la división de grandes posesiones de tierra y la creación de granjas ejidales y cooperativas, las políticas de descentralización del gobierno y la aceleración del éxodo rural implicaron agitaciones en la estructura social a pesar de la resistencia general al cambio.

Los primeros bancos se establecieron en esta sociedad primordialmente agrícola; sin embargo su función parecía que era para estimular el crecimiento de la industria, y con frecuencia se descuidó el sector agrícola. Como resultado, las comunidades agrí-



colas, ya fueran las de ejidos o los pequeños ranchos, se vieron obligadas a pedir préstamos a los hombres de negocios locales o a los "caciques", con frecuencia a exorbitantes tasas de interés que los llevaban a un estado permanente de deuda. Para remediar esta situación, el Gobierno Mexicano creó el Banco Nacional Agropecuario de Oriente, fundado principalmente por préstamos del Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y el Banco de Fomento. Otros bancos rurales fueron el Banco de Crédito Ejidal y el Banco de Crédito Agrícola. La agencia de la Nacional Financiera tomó parte en la Comisión Lerma-Chapala que estudió todo el sistema de drenaje como un conjunto ecológico e hizo recomendaciones para su manejo, incluyendo un nuevo distrito "piloto" de irrigación cerca del lago de Chapala. El Banco de Obras y Servicios Públicos financió varios proyectos tales como el sistema de agua potable y de drenaje de Ocotlán en 1964 y, más recientemente, plantas de tratamiento de aguas. El S. A. M. (Sistema Alimentario Mexicano) que fue proyectado durante la presidencia de López Portillo, estaba destinado a proveer nuevos tipos de semillas, fertilizantes y créditos a los agricultores. El control federal sobre estas agencias muchas veces estuvo determinado por el clima político y los intereses del Gobierno Federal, pero hubo un mejoramiento sobre el uso de los recursos del crédito local. Un proyecto vital del Banco Agropecuario fue el establecimiento de un plan de desarrollo para la región costera de Jalisco, esencial para el futuro del Estado.

El distrito central del lago Jalisco, del que Chapala es parte, ha sido siempre la ruta lógica para líneas de transporte desde el centro de México hacia el oeste y el norte. La primera línea de ferrocarril desde la Ciudad de México a Guadalajara fue completada en 1885, pasando por La Barca y Ocotlán. En este período, los

ferrocarriles eran todopoderosos, capturando el movimiento de pasajeros y mercancías. En los siguientes ocho años, se construyeron ramales a Ciudad Guzmán y a Manzanillo, Ameca, San Marcos y Lagos de Moreno, conectando así la línea a Ciudad Juárez. Hacia 1925, el South Pacific RR. de los Estados Unidos construyó líneas que conectaban a Tijuana-Nogales con Guadalajara, con un ramal a la orilla del lago de Chapala. Hubo planes para abrir un área del lago al turismo, un "Lago de Como" americano; se llevó arena para la playa de Chapala y se construyeron el embarcadero y otras instalaciones y una gran estación para el ferrocarril, ahora abandonadas. Con el colapso de estos planes, las líneas del ferrocarril fueron vendidas al Gobierno Mexicano, y se convirtieron en el ferrocarril del Sudpacífico. Así el área fue abierta para el comercio con los estados del norte y los Estados Unidos, facilitando la exportación de los productos agrícolas.

Hacia 1935, el gobierno federal y del estado comenzaron la construcción de carreteras para unir en otra forma a áreas aisladas. Al principio, se construyeron las carreteras con la tendencia a seguir las líneas del ferrocarril. Con mejores carreteras, las compañías de autobuses comenzaron a operar con éxito, uniendo diferentes regiones del estado con excepción del área de la costa y los distritos montañosos de cañones hacia el norte, que hasta el presente permanecen aislados. Hacia 1950 las rutas de transporte por carretera se han hecho más económicas y, en realidad, más rápidas que los ferrocarriles, un factor importante para transportar los productos agrícolas a los mercados. Guadalajara se ha convertido en el centro de una red radial de caminos y carreteras, con vías menores que conectan a los pueblos. La autopista federal 15 sigue el límite sur del lago de Chapala; otra buena carretera sigue a lo largo de la orilla norte hacia

Jocotepec. Hacia el este, la autopista principal hacia Irapuato o Zamora corre paralela al río Santiago a lo largo de la línea del "corredor industrial" hacia Ocotlán y La Barca. En 1978, el estado de Jalisco tenía 9,018 kms. de carreteras, el lugar número 17 entre los estados mexicanos. De éstos, 3,221 kms. estaban pavimentados, 4,370 semipavimentados y 1,427 eran caminos de tierra o grava. (SPP, p. 19).

Jalisco tiene dos aeropuertos internacionales, uno fuera de Guadalajara y otro en Puerto Vallarta. Los dos están orientados hacia el turismo, tanto nacional como internacional; el aeropuerto de Guadalajara está situado en la autopista a Chapala y así da servicio tanto a la ciudad como a la región del lago. Otros aeropuertos más pequeños están ubicados en Autlán, Ocotlán (La Compañía Celanese Mexicana) y Zapopan (base militar). Además, hay numerosas pistas pequeñas de aterrizaje en el área del cañón de Bolaños que son los únicos lazos de comunicación con el exterior.

En actividades agrícolas, Jalisco va a la cabeza en la República en la producción de maíz, frijoles, garbanzos, avena y linaza. También ocupa el primer lugar en la cría de ganado. El 14 % de las tierras agrícolas del estado están ubicadas en la subprovincia de Chapala; el distrito de Los Altos tiene 17.51%. Sin embargo, Chapala tiene una concentración mayor de tierras de riego y de semi-riego, debido a su proximidad al agua (SPP, p. 44). Las tierras agrícolas en el área son de dos tipos: las que dependen de los ciclos de lluvia, y las que parcial o totalmente dependen del riego. Las áreas naturales de lluvias, "de temporal", tienen un grado variado de cosechas. En las mejores localidades de las llanuras del valle del río (alrededor de Acatlán de Juárez, Jocotepec o Tizapán el Alto) o en las áreas del antiguo lecho del lago (San Martín, La Barca), los suelos son profundos y fértiles

con laderas de menos del 6%. Aquí el cultivo de los campos está normalmente mecanizado y se usan fertilizantes, herbicidas y semillas mejoradas. La producción es alta. (SPP, p. 82):

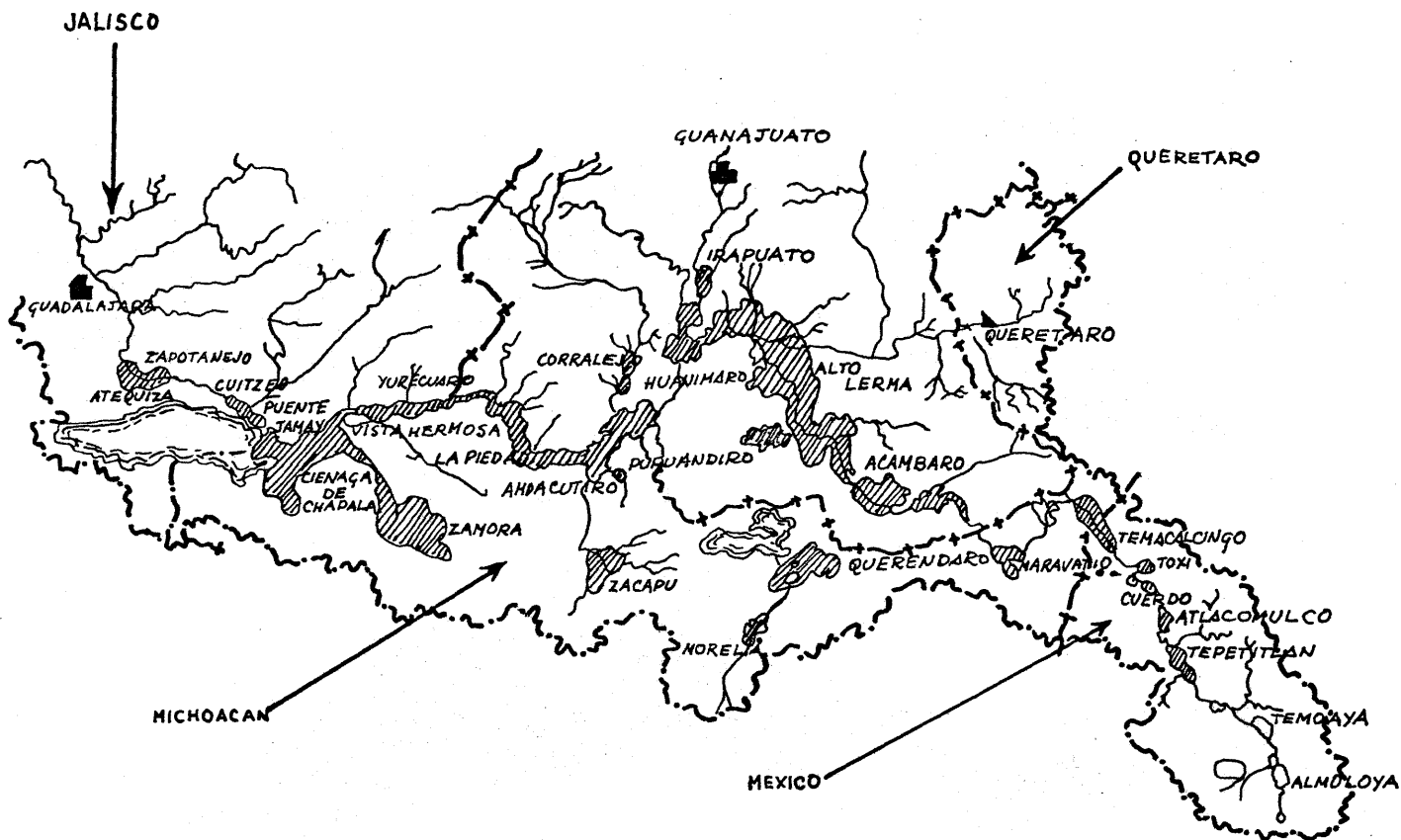
Maíz.....	600-3000 toneladas por hectárea			
Sorgo.....	1000-3000	"	"	"
Garbanzo.....	300- 1200	"	"	"
Frijoles.....	200-1000	"	"	"
Caña de azúcar....	50,000-80,000	"	"	"

Aunque algunos de los productos se usan localmente, la mayoría se vende comercialmente a los mercados regionales. Otras cosechas son avena, ciruelas, tomates y magüey.

Una gran extensión alrededor del lago también depende de los ciclos pluviales, pero es menos afortunada pues tiene suelos pobres, cubiertos con rocas y con laderas bastante inclinadas. Aquí los agricultores pueden usar fertilizantes, pero el uso de maquinaria se ve impedido por los gradientes y los suelos rocosos; por eso trabajan los campos manualmente o con la ayuda de mulas. Se cultivan las mismas cosechas y se venden en los mercados regionales, aunque el rendimiento es mucho más bajo. Donde los suelos son moderadamente salinos, el rendimiento de las cosechas puede ser alto si se maneja con propiedad, pero con demasiada frecuencia el agricultor tiene pocos recursos y logra escasas cosechas para la autoconsumición.

Donde se han establecido sistemas de irrigación (veáse el mapa 12), el rendimiento es proporcionalmente mucho más alto para todos los sembrados y la variedad de cosechas que puede cultivarse es mucho más grande. Por ejemplo (SPP, p. 83):

Maíz.....	2000-4000 toneladas por hect.			
Sorgo.....	2000-6000	"	"	"
Garbanzo.....	1000-3000	"	"	"



MAPA 12- DISTRITOS DE RIEGO DE LA CUENCA LERMA-CHAPALA-SANTIAGO.

(FUNES).

Frijoles..... 1000-3000 toneladas por hct.

Caña de azúcar..... 100,000-170,000 " "

También se cultivan chiles, tomates, alfalfa, camotes, cebada, trigo, cebollas, coliflor, coles, chayotes, cítricos, aguacates, fresas y nueces. Está altamente comercializado, pues se usa tecnología avanzada, fertilizantes, herbicidas e insecticidas. También hay áreas más pequeñas que usan agua de riego bombeada de pozos; estos campos, con frecuencia, son menos fértiles debido a problemas de salinidad o a profundidades pobres del suelo y las cosechas son considerablemente más bajas. Se cultiva en estos campos alfalfa así como también maíz, frijoles, sorgo y garbanzos.

Otras áreas dependen de la humedad que se encuentra en suelos cercanos a los cursos de los ríos o a las orillas del lago y se obtienen buenas cosechas debido a la fertilidad del suelo y a la disponibilidad de humedad aun durante la temporada seca. Según va retrocediendo la orilla del lago durante los períodos secos, este tipo de tierra se planta inmediatamente, pero el peligro de inundaciones durante las lluvias fuertes o por los altos niveles del agua siempre está presente.

El principal mercado regional para estos productos agrícolas es, naturalmente, Guadalajara. En 1967, la ciudad construyó un enorme mercado para vegetales y frutas en las afueras de la ciudad. Este mercado, mientras provee una salida y un mercado al por mayor para los productores locales, también sirve a una gran área que incluye la mayor parte del noroeste y el oeste de México, y maneja productos y compradores de lugares tan lejanos como la Ciudad de México. Desgraciadamente, la mayor parte de los puestos en este mercado están ocupados por intermediarios que controlan el transporte, precios y el mercadeo y que logran grandes ganancias a expensas de los agricultores y los consumidores. (RIVIE-

RE D'ARC, p. 195).

De acuerdo con la Secretaría de Programación y Presupuesto, 7,970.62 km<sup>2</sup> del área de la subprovincia de Chapala (área total: 11,044.6 km<sup>2</sup>) es apta para la agricultura; de esta extensión solamente 4,538.94 km<sup>2</sup> es en realidad usada agrícolamente. (SPP, p. 84). Ciertamente la tierra que podría usarse para cosechar alimentos se usa para pastos y para cultivar forraje para los animales. La tradición de la cría de ganado que está profundamente enraizada en la cultura y en la historia de la región, es también la base para la industria de empacadoras de carne y de productos lácteos. En casi todo tipo de relieve que rodea al lago de Chapala se puede criar ganado bovino, ovejas y cabras. En áreas más planas, debido a la gran demanda, con frecuencia vacas lecheras utilizan tierras que algún tiempo estuvieron sembradas de maíz y de trigo. Un gran porcentaje del puerco que llega al matadero de Guadalajara proviene de las ciudades de Poncitlán, Ocotlán, Jamay y La Barca. En estos distritos, el ganado con frecuencia es complementario de la agricultura, ocupando el mismo espacio.

El uso de estos productos agrícolas en las agroindustrias está creciendo pero aún es insuficiente. Hay solamente tres compañías empacadoras de carne en Guadalajara y ninguna trabaja a capacidad total. Los productos lácteos son utilizados por la gran fábrica de la Nestlé en Ocotlán y también por fabricantes más pequeños de queso y productos lácteos. Hay 19 agroindustrias en La Barca que empaican productos tan diversos como vegetales, frutas, jugos de frutas, jamones y conservas, dulces y carnes frías. Estas proveen una valiosa fuente de empleo para la gente del campo y sus familias.

La industria textil de Jalisco también tiene sus raíces en la historia y fue fundada por los primeros comerciantes, belgas,

franceses y alemanes. La industria está dedicada no solamente a la manufactura de telas sino también de artículos de ropa que usan estos productos textiles. Estos productos se venden en Guadalajara, en sus distritos adyacentes y en todo México. La Celanese Mexicana ha abierto una planta en Ocotlán, atraída, cuando se inauguró, por el agua abundante y la energía eléctrica ofrecida por el Estado de Jalisco y también por la presencia de trabajadores expertos en la manufactura de textiles. Hay también fábricas de textiles y de hilados en El Salto. Todo el corredor industrial a lo largo del río Santiago desde Ocotlán hasta El Salto ha crecido lentamente y aún no ha alcanzado las proporciones que serían una amenaza para la capacidad agrícola de estas fértiles tierras. En intervalos intermitentes, a lo largo del río, se encuentran industrias tales como una compañía de cerillos, una planta química Ciba-Geigy, una compañía de techados, etc. (Véase mapa 13). Afortunadamente el río Santiago sale del lago de Chapala de modo que los desperdicios tóxicos de estas fábricas, tóxicos a pesar de las plantas de tratamiento primario que se han establecido, no contaminan directamente el lago, sino que más bien son arrastradas corriente abajo pasando la ciudad de Guadalajara en su largo recorrido hasta el océano Pacífico.

Las compañías de construcción están entre las industrias más grandes de esta área, cosa no sorprendente debido a los grandes aumentos de población. Solamente un 5 % de las materias primas usadas por esta industria procede de fuentes cercanas. La industria del calzado, por otro lado, consigue la mayor parte del cuero en la localidad, pues es un derivado de la industria ganadera. De las 17 grandes fábricas de zapatos en Guadalajara, casi el 90 % del producto terminado se vende fuera de Jalisco. (RIVIERE D'ARC, pp. 208-209).





### PRINCIPALES DESCARGAS INDUSTRIALES

- ▼ INDUSTRIA TEQUILERA
- ⊙ EMPACADORAS
- # INDUSTRIAS ACEITERAS
- ☆ INDUSTRIAS TEXTILES
- \* INDUSTRIAS QUIMICAS
- ⊕ INDUSTRIAS PLASTICAS
- ⊙ LACTEOS
- ⊗ DESCARGAS MUNICIPALES
- △ PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

MAPA 13- FUENTES CONTAMINANTES DEL RIO DE SANTIAGO

(SARH: Dirección General de Ordenación y Protección Ecológica)

Ocotlán, es un ejemplo excepcional de los cambios demográficos que han ocurrido en Jalisco en los últimos ochenta años. Con una población de 4014 en 1900, permaneció pequeño hasta la introducción de las industrias. Entre 1950 y 1970 la población más que se duplicó (véase cuadro I). Por otro lado, Jamay, La Barca y Jocotepec, como ciudades de mercados agrícolas, se han detenido con un aumento de población más bajo que los niveles nacionales. Ajijic y Chapala también muestran bajos índices de aumento a pesar del influjo de residentes extranjeros.

Debe recordarse que el área exterior de Guadalajara desde la época precolonial estuvo caracterizada por una población rural relativamente densa, encerrada en pequeños pueblos y aldeas que permanecieron a un nivel bastante constante hasta el siglo XIX. Migraciones temporales de trabajadores agrícolas en exceso durante el Porfiriato estaban dirigidas tradicionalmente hacia las tierras bajas; más recientemente se lleva a cabo a través de las fronteras hacia los Estados Unidos. Bataillon (BATAILLON, p. 172) en 1969 dio el promedio de trabajadores agrícolas emigrantes como un 3-6 % de todos los trabajadores agrícolas en esta área; hoy tiene que ser mucho más grande. Otro porcentaje alarmante de habitantes rurales se está cambiando a los centros urbanos, sobre todo a Guadalajara, no en una base temporal sino permanentemente. Son atraídos por salarios más altos en servicios y en la industria, mejores instalaciones hospitalarias y médicas, y ventajas educativas, especialmente para la educación superior. En Guadalajara hay dos Universidades, la Universidad de Guadalajara y la Universidad Autónoma de Guadalajara, un Instituto Tecnológico y una Escuela Normal que atrae a los jóvenes que desean hacer una carrera. Otro factor es la facilidad de acceso a Guadalajara; las excelentes carreteras y los sistemas de autopistas que unen a Guadalajara

LOCALIDAD	1900	1910	1921	1930	1940	1950	1960	1970
Acatlán de Juárez	2370	1831	3262	2159	2567	2554	3229	3353
Ajijic	1355	1689	1741	1882	2041	2313	3357	5526
La Barca	7101	7437	8577	10268	13427	13868	16273	18055
Chapala	1753	2132	3142	2721	4217	5294	7216	10520
Jamay	3275	3662	5503	4690	5892	7571	8455	8981
Jocotepec	4074	4121	4409	3851	4950	6547	8017	7736
Ocotlán	4014	6347	10945	11383	14289	16824	25416	35367
Poncitlán	1519	2011	1883	2584	3130	3411	4840	6848
Tizapán el Alto	2020	1922	2814	3529	1905	2412	4662	3128

Guadalajara	101208	119468	143376	179556	229235	377016	736800	1193601
Tlaquepaque	4346	4767	5327	7603	11486	20821	37626	59760
Zapopan	2298	2438	2592	2982	3685	6144	19138	45292

CUADRO I - Evolución Demográfica de las Localidades Alrededor del Lago Chapala, Jalisco  
(Gutiérrez de MacGregor, 1968)  
(Censo de Población, 1970 - Jalisco)

con su zona de influencia, construídas para el fácil transporte de los productos agrícolas, también facilitan el movimiento de la gente. Esto también impide que los pequeños pueblos esparcidos alrededor del lago de Chapala se desarrollen más allá de su situación actual de pueblos de pequeños mercados o centros de turismo. La atracción de los grandes centros comerciales y de los mercados de la ciudad de Guadalajara, todos a una distancia de una o dos horas en automóvil, atrae a compradores de todos los alrededores e incluso de fuera del estado.

## CAPITULO VI

### LA INFLUENCIA DEL HOMBRE AL CAMBIAR EL SISTEMA HIDROLOGICO DEL LAGO DE CHAPALA

Su mayor protección contra los cambios producidos por el hombre en el lago de Chapala ha sido su gran tamaño. Si hubiese sido más pequeño, sin duda hubiera seguido el destino de muchos otros lagos en la misma región y hubiese sido secado para usarse como tierra de cultivo, como por ejemplo el lago Magdalena, Sayula, San Marcos, etc.

Los primeros colonizadores españoles estaban muy poco interesados en la enorme extensión del lago de Chapala; históricamente consideraban los lugares húmedos como insanos, productores de enfermedades y llenos de "miasmas". Tampoco había un valor económico inmediato en el lago, excepto como un lugar para alimentar y proporcionar agua a su ganado.

Uno de los primeros viajeros que mencionan el lago con entusiasmo fue Alonso de la Mota y Escobar que, en 1606, lo comparó con el río Jordán y el Mar de Galilea, cantando elogios al pescado blanco (amilote), a las frutas cítricas, uvas y a la miel salvaje; un auténtico paraíso. También mencionó a las "chalupas" nativas impulsadas por velas, una innovación del Viejo Continente. el 1686, Francisco Pareja elogió al "mare chapalicum" por su belleza, buen agua y la variedad de pescados. En 1742, Matías Angel de la Mota Padilla elogió los recursos del lago que podían "surtir a un reino completo". En 1842, Mariano Otero se lamentó de que Guadalajara no hubiese sido construída en las orillas del lago y sugirió la construcción de un canal para unir el lago y la ciudad,

proveyendo así de agua potable y un transporte barato.

Alexander von Humboldt nunca visitó el lago; en su breve permanencia al norte de la Ciudad de México sólo visitó las minas de Guanajuato. Pero estaba consciente de su existencia y mencionó que el sistema del Lerma/Chapala/Santiago un día podría ser una ruta de navegación desde Salamanca y Celaya al puerto de San Blas en el Pacífico. Chapala, añadió, era el doble en tamaño del lago de Constanza. (HUMBOLDT, p. 168).

Este tema, el del transporte por agua, posiblemente fue concebido por diferentes personas. En 1865, una compañía de navegación fue fundada por don Valente de Quevedo, "La Compañía de Navegación y Comercio del lago de Chapala y del río Grande". La canalización del Río Grande de Santiago fue también propuesta por Juan B. Matute en 1871. Sin embargo no se realizó ninguno de estos planes y eventualmente fueron eliminados por la construcción de presas y plantas hidroeléctricas a lo largo del Río de Santiago. (HELBIG, pp. 20-21).

A mediados del siglo pasado, los lirios acuáticos o "jacintos" fueron introducidos con la idea de que estas plantas con sus flores azul pálido podrían darle belleza al lago. En realidad "añadieron" algo, pero no belleza, pues la planta (Eichhornia crassipes) tiene la característica de reproducirse con una rapidez extraordinaria y de cubrir pequeñas masas de agua y poco profundas en breve tiempo, especialmente donde las actividades del hombre han alterado el medio ambiente acuático. Esta planta es capaz de flotar libremente pero tiene un sistema de raíces que se pueden enredar con los motores de los botes, y así impide la navegación y hace que la natación sea muy peligrosa (RZEDOWSKI, p. 344). La mejor forma de controlarla parece ser recogerla con redes, amontonarla en las orillas y quemarla cuando esté suficientemente seca.

En el lago de Chapala se ha logrado un éxito moderado abriendo las compuertas de la presa de Ocotlán cuando sopla el viento del sureste o "mexicana", amontonando después las plantas atrapadas en el canal y quemándolas. Las plantas se han utilizado también como forraje para el ganado, pero su contenido de proteína es muy bajo. Y lo que es más serio, las investigaciones que se han llevado a cabo en otras partes de México sobre estas plantas parecen probar que absorben desechos tóxicos, incluyendo metales pesados, de las masas estacionarias de agua. Al alimentar al ganado vacuno o lechero con el lirio pone a estos elementos directamente en nuestra cadena alimenticia.

La carpa de Israel también fue introducida en el lago a mediados del siglo pasado y muchos la consideran como una plaga, pues la población de carpas ha crecido exorbitantemente a costa del pescado que se alimenta en el fondo. La carpa y otro pescado "burdo" como la lobina se usan sobre todo como fertilizante y harina de pescado.

Otras plagas que se han introducido en el área son urracas, ratas y los murciélagos vampiros que, contra lo que se creía tradicionalmente, pueden "caminar" por el suelo y atacar por igual las piernas de los hombres y las patas del ganado.

La gran superficie del área del lago puede inducir a engaño en cuanto a su capacidad. Otras masas de agua, como la de las presas del Infiernillo o Angostura, por ejemplo, tienen superficies más pequeñas pero una profundidad y capacidad mayor. El fondo del lago de Chapala ha estado llenándose lenta e insidiosamente de sedimentos. La profundidad del lago fue medida por Mariano Bárcena a finales del siglo pasado y tenía entre 6 y 10 metros, llegando algunas profundidades a los doce metros (HELBIG, p. 20). Hoy, el Dr. Enrique Estrada Feudón, del Instituto de Geografía y Estadística de la Uni-

versidad de Guadalajara y el Dr. Enrique Flores Tritschler, del Instituto de Astronomía y Meteorología de la misma Universidad, están de acuerdo en que la profundidad promedio está cerca de dos metros, reduciendo la capacidad del lago a alrededor del 60 %. Alguna de esta sedimentación es parte del proceso natural de erosión de los suelos que están alrededor de las orillas del lago; ciertamente ha sido acelerada por la destrucción de la cubierta vegetativa por la agricultura, los pastizales y la deforestación. La larga estación de sequía de octubre a mayo deja el suelo especialmente vulnerable a las primeras lluvias torrenciales del verano.

Durante este largo período seco del año, el lago recibe solamente un hilillo de agua de su fuente principal, el río Lerma, pero el proceso de evaporación sigue constante. La cantidad de agua perdida del lago debido a la evaporación se ha calculado como de tres a cuatro millones de metros cúbicos al día. El ingeniero Andrés García Quintero, Director General de Hidrología de la SARH vio lo que él consideró la excesiva evaporación del "lujoso" lago de Chapala y sugirió, en 1947, que "la superficie de evaporación del lago fuera reducida al mínimo o posiblemente anulada", (BASSOLS, p. 173). Su argumento era que el flujo del río Lerma podría usarse más eficazmente, ¡si se hacía desaparecer el lago! Quizás, en vez de referirse a la pérdida de agua del lago debida a la evaporación, deberíamos referirnos al agua ganada por la atmósfera en este proceso, humedad que tiene un profundo efecto en el microclima del este de Jalisco.

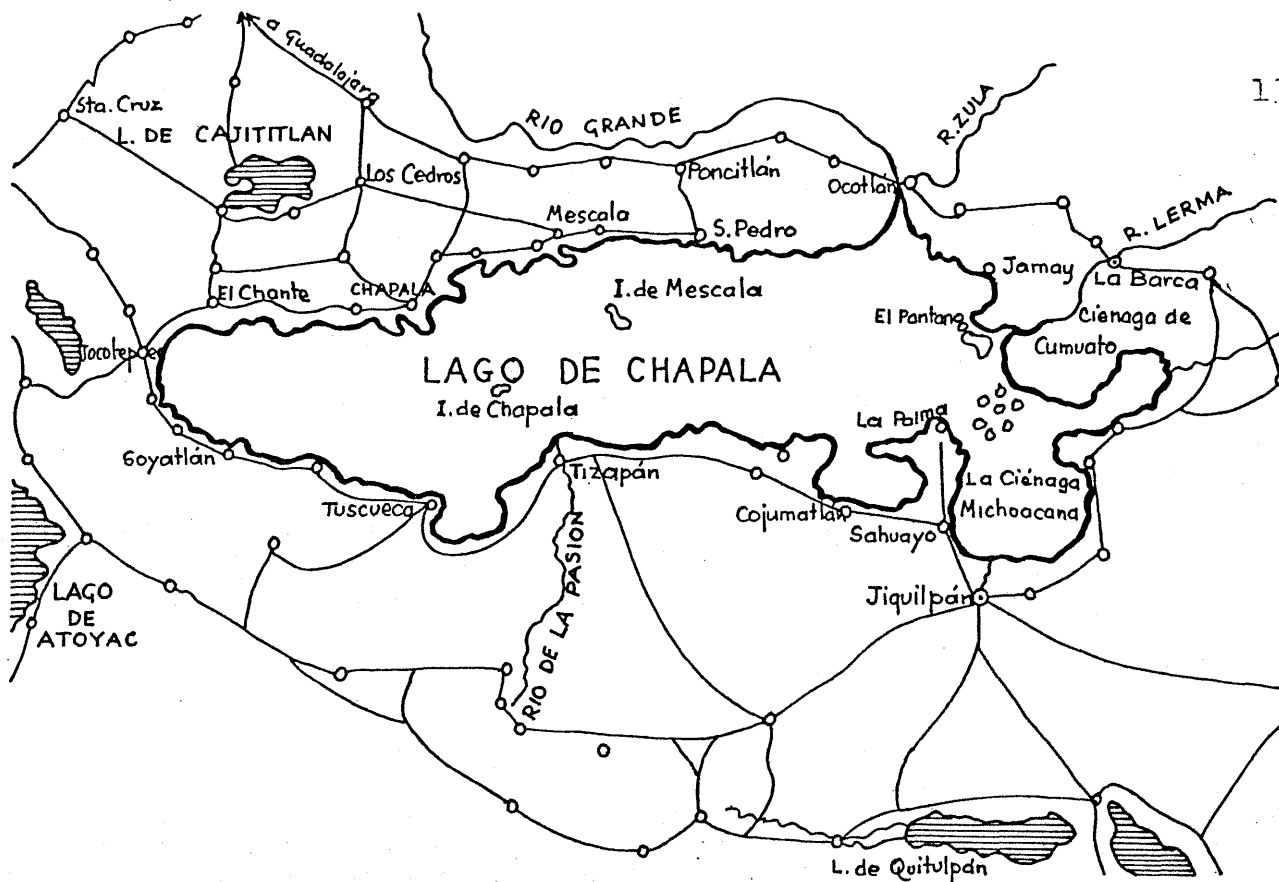
Obviamente, el lago de Chapala ha respondido a los ciclos naturales de lluvia y sequía, evaporación, sedimentación y cambios climáticos como los han tenido todos los lagos de la Altiplanicie Meridional Mexicana. Pero lo que ahora preocupa es qué medidas deben tomarse para cambiar la dirección presente que es-



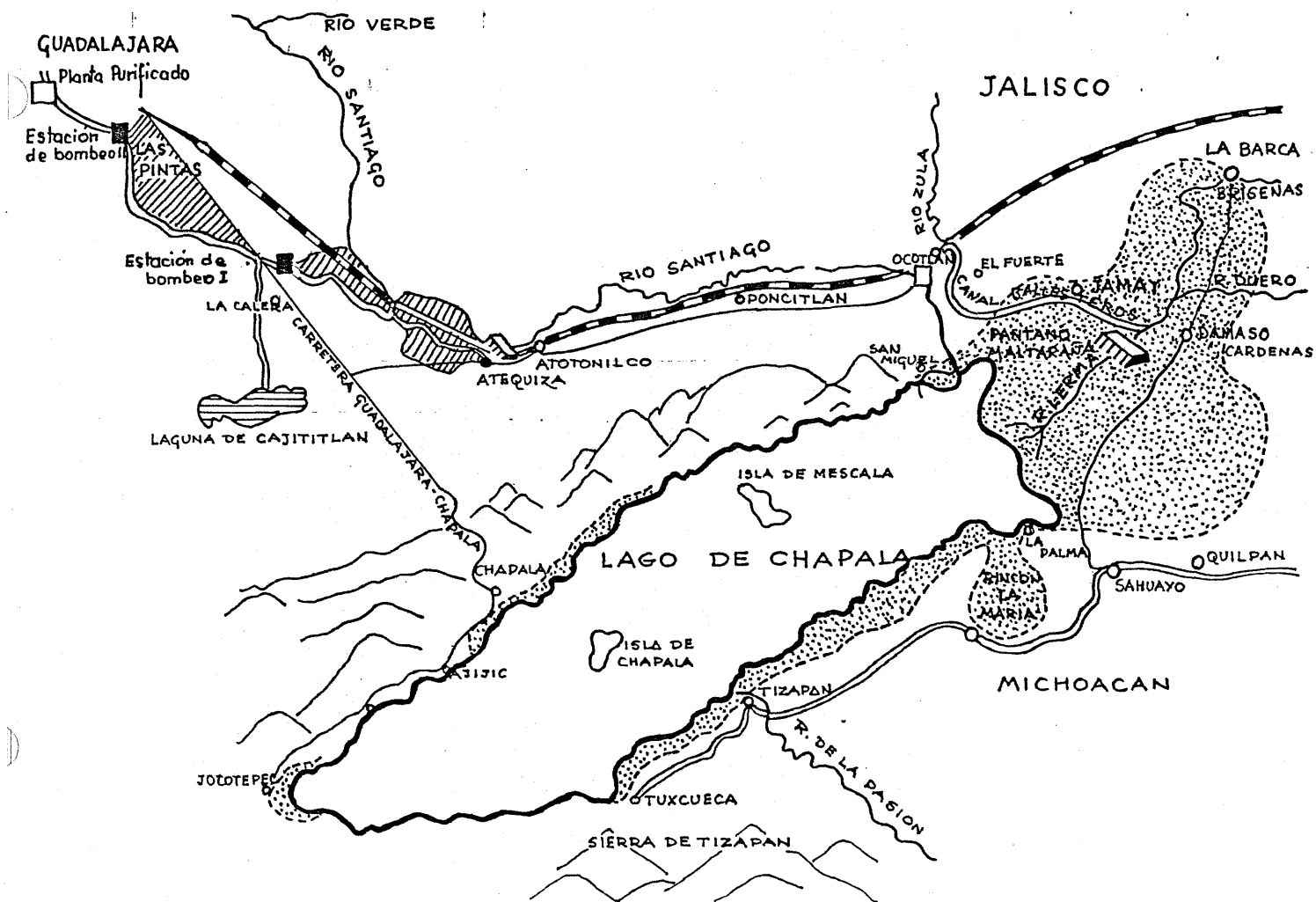
tá llevando a la extinción del lago y en qué forma están las actividades del hombre contribuyendo y acelerando este proceso.

El drenado de la Ciénaga fue contemplado desde la época del Emperador Maximiliano, cuando esta área, pantanosa y cruzada por numerosos canales pluviales, era considerada como una parte de la superficie del lago (véase mapa 14). Este proyecto y otros que lo siguieron se enfrentaron a las fuertes objeciones de los naturalistas que querían preservar la belleza natural del lago de Chapala y de las áreas circundantes. Pero en 1910, bajo la supervisión de Cuesta Gallardo, se construyó una presa en el pantano de Maltaraña, bloqueando así efectivamente la entrada de agua desde el río Lerma en el pantano y creando como consecuencia 54.000 hectáreas de tierra cultivable. La construcción del Canal Ballesteros con un flujo de 30 litros por segundo, o sea  $94.608 \text{ m}^3$  por año, lleva el agua de la presa al río Zula y entra precisamente antes de la unión con el Río Grande de Santiago en Ocotlán (véase el mapa 15). El resultado de estos dos proyectos desconectaron efectivamente al lago de Chapala de su función primaria como regulador de los ríos Lerma-Santiago. Todo el agua del río Lerma era entonces usada o como agua de riego o fluía directamente en el río Santiago, evitando el lago por completo. La drástica reducción en los niveles del lago (véase gráfica J) reflejó esta situación. Finalmente, ante las protestas de los residentes, se construyó un canal secundario desde la presa de Maltaraña hasta el lago, dando una salida a éste, pero solamente del 16 % del caudal original. A veces solamente un pequeño goteo (o hilillo de agua) o lo que podría describirse mejor como lodo contaminado, entra en el lago; a veces no entra nada de líquido.

Otro proyecto que ha tenido un efecto profundo en los niveles del agua del lago, fue la construcción de presas en el río Santia-



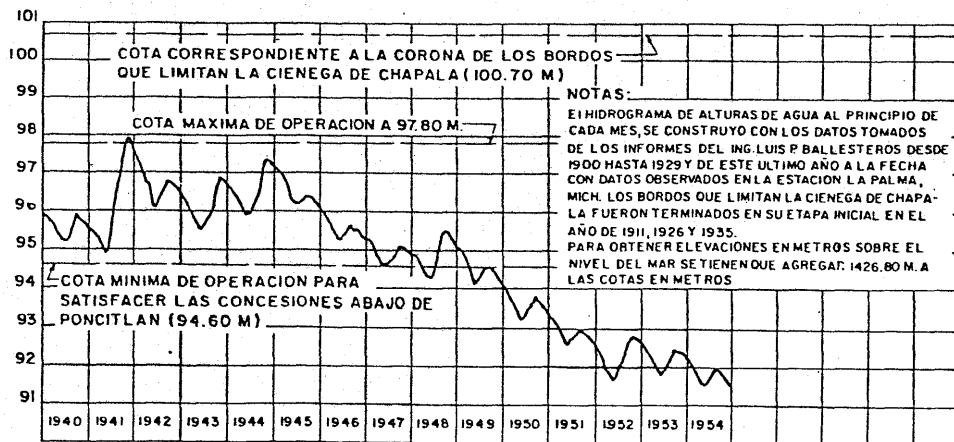
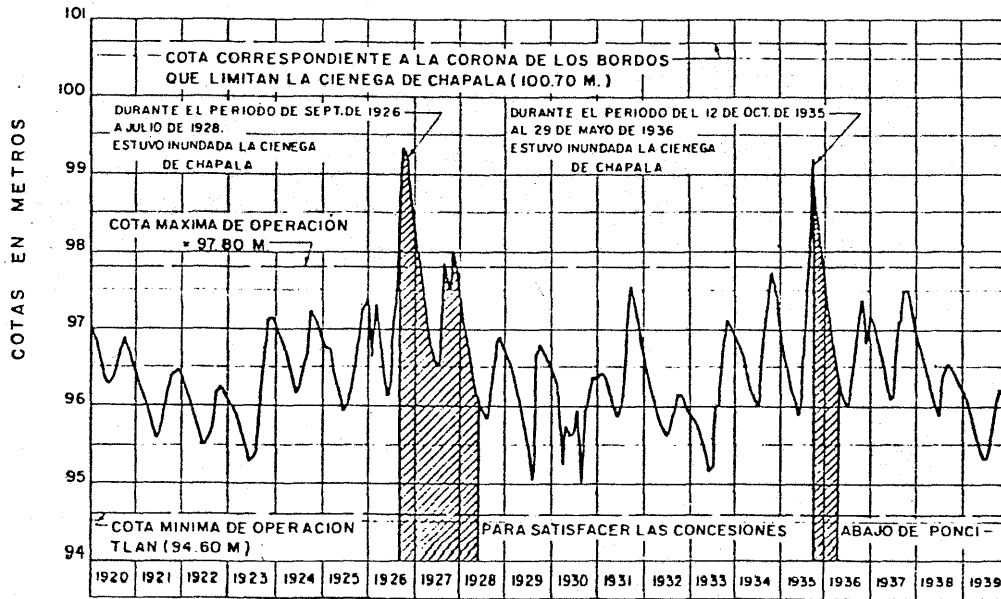
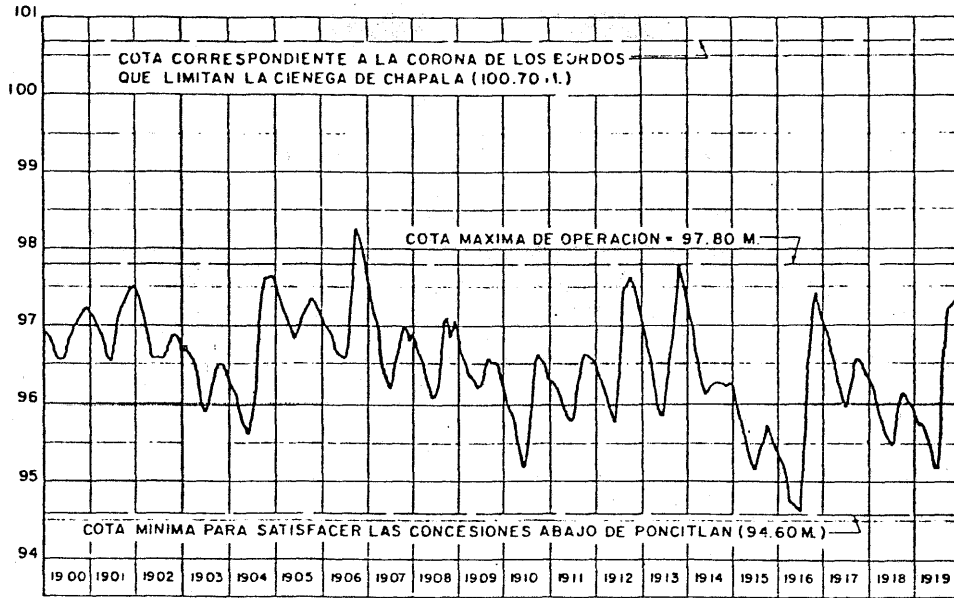
MAPA 14-EL LAGO DE CHAPALA Y SUS CERCANIAS ANTES DE 1910.



MAPA 15 - CAMBIOS HECHOS POR EL HOMBRE EN EL LAGO DE CHAPALA

SECRETARIA DE RECURSOS HIDRAULICOS  
COMISION DEL SISTEMA LERMA - CHAPALA - SANTIAGO

FUNCIONAMIENTO DEL LAGO DE CHAPALA



GRAFICA J - NIVELES DEL LAGO DE CHAPALA 1900-1954.

go. La presa y la planta hidroeléctrica en Poncitlán fue construida en la primera década del siglo XX. En sucesión, se construyeron plantas en El Salto, Puente Grande, Colmillos y Juntas, con una capacidad total de 90,110 kilowatios. Sin embargo, estas plantas dependen de un constante suministro de agua que fluye en el río Santiago procedente del lago. Al principio la demanda era de  $15 \text{ m}^3$  por segundo, después subió a  $25 \text{ m}^3$  por segundo. Las aguas del lago estaban retrocediendo y, durante períodos de sequía, muy poca agua o nada entraba en el río. Por tanto fue necesario drenar el cauce del río Santiago en Ocotlán a un nivel más bajo, forzando a las aguas del lago a fluir en el río. Esto fue llevado a cabo en 1915-1916, y de nuevo durante los secos inviernos de 1931-1932, 1939-1940 y 1940-1941. Finalmente, en 1945, viendo la inutilidad de estas operaciones, se instaló una estación de bombeo en Ocotlán con 15 bombas para asegurar un flujo constante de agua desde el lago al río. Al mismo tiempo, se abrió el Canal Ballesteros, añadiendo el agua del Lerma al río Zula y después al río Santiago.

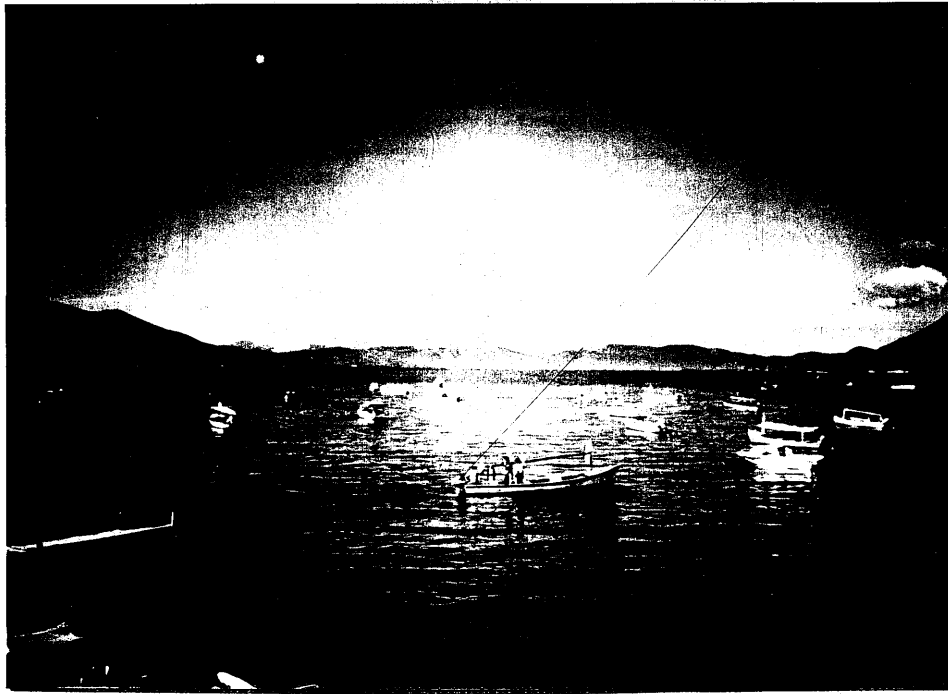
Un efecto secundario de estas operaciones de drenaje fue en realidad aumentar la capacidad de almacenamiento del lago de 3,000 millones de metros cúbicos que tenía a comienzos del siglo a 7,000 millones de metros cúbicos (FUNES, p. 38). Pueden ponerse en duda estos datos de la SARH que, posiblemente, no tomaron en cuenta el azolve. Estrada Faudón cree que en 1895, antes de que se comenzara ninguna presa o proyectos de desviación, la capacidad máxima del lago era de 8,600 millones de metros cúbicos; Helbig (HELBIG, p. 19) menciona la capacidad máxima como de 11,678 millones de metros cúbicos. En octubre de 1982, después de la época de lluvias, la capacidad era de 4,645 millones de metros cúbicos. En mayo de 1983, al final de la estación seca, era de 2,500 millones de metros cúbicos. De cualquier modo, en los años de 1950, se erigió

un dique que separaba las áreas bajas de la Ciénaga de 1525 a 1527 msnm para evitar las inundaciones en épocas de grandes lluvias.

Como en el Valle de México, la crecida y la bajada de las aguas del lago provoca fenómenos desafortunados; durante los años de sequía, los campos cultivados e incluso las casas se extienden en las áreas bajas o muy cerca de las orillas del lago y en períodos de lluvias fuertes ocurren inundaciones. En 1926, la Ciénaga de Chapala estuvo inundada por casi dos años; en 1935-1936 de nuevo se encontró bajo el agua. De septiembre de 1967 hasta febrero de 1968, después de una temporada de lluvias excepcionalmente fuertes, grandes áreas, a lo largo de toda la orilla, estuvieron inundadas, incluyendo la carretera de Chapala a Mezcala. Pero, de nuevo, de 1951 a 1955, el nivel del lago se hizo tan bajo que parecía condenado a desaparecer. Pocas lluvias, excesiva extracción de agua para las plantas hidroeléctricas o para el agua potable de Guadalajara y la desviación de las aguas del río Lerma han creado la imagen normal de las aguas en descenso (véanse fotos).

La extracción de agua del lago para las plantas eléctricas podía haber continuado, con daños irreparables para el lago, si la Comisión Federal de Electricidad no hubiera inaugurado su Sistema Interconectado de Energía usando la electricidad proporcionada, sobre todo, por la presa del Infiernillo. El 23 de julio de 1980, la SARH, por tanto, suspendió la extracción de agua del lago de Chapala, que había llegado a ser de 536 millones de m<sup>3</sup> por año para proporcionar agua a las plantas hidroeléctricas en el río Santiago.

Aún se está sacando del lago una cantidad considerable de agua con el objeto de proveer de agua potable a la ciudad de Guadalajara. Hasta 1953, la ciudad había dependido de agua de pozos, que cada vez costaba más y de la que no se podía depender en épo-

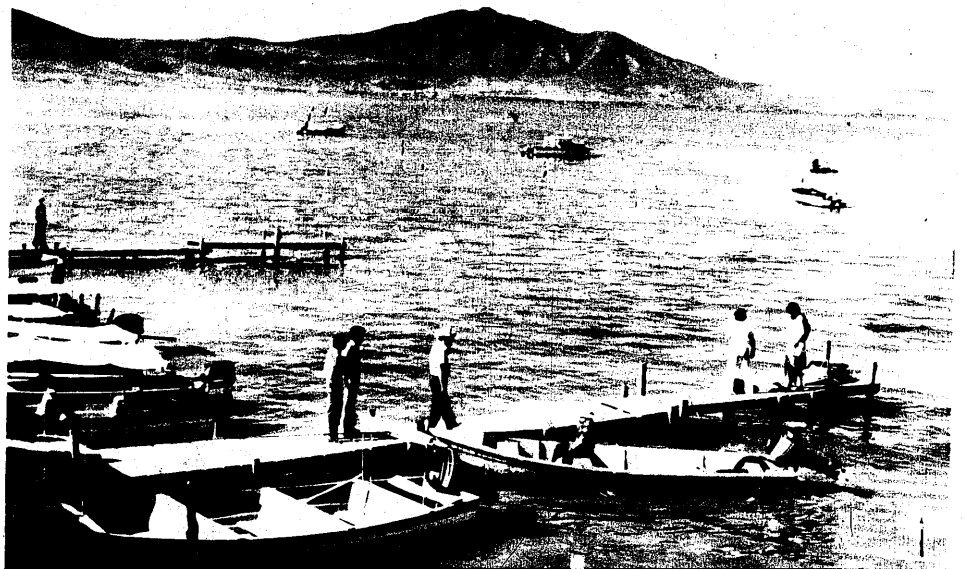


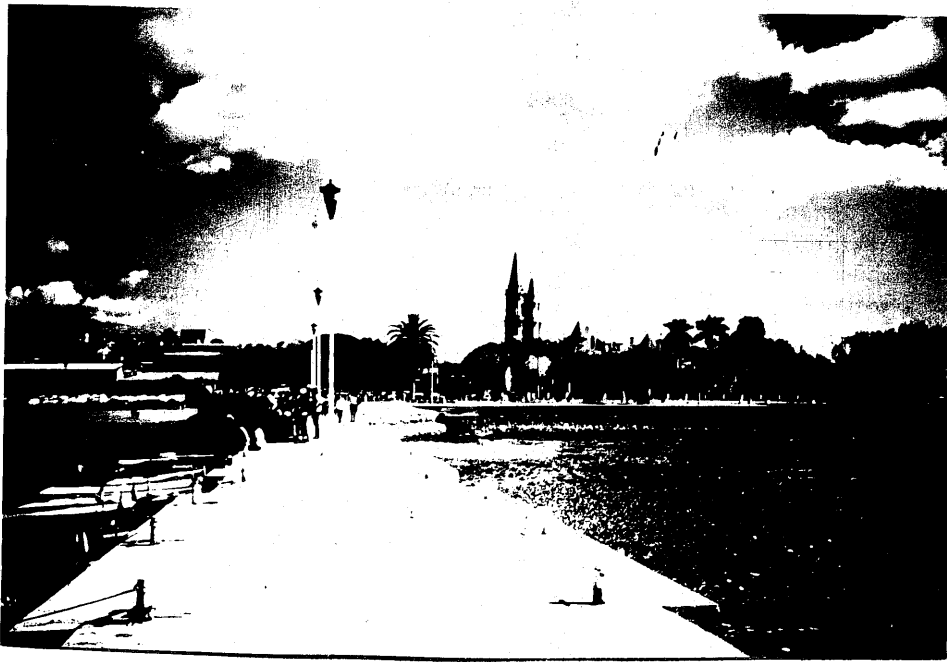
Lake  
Chapala,  
Jalisco



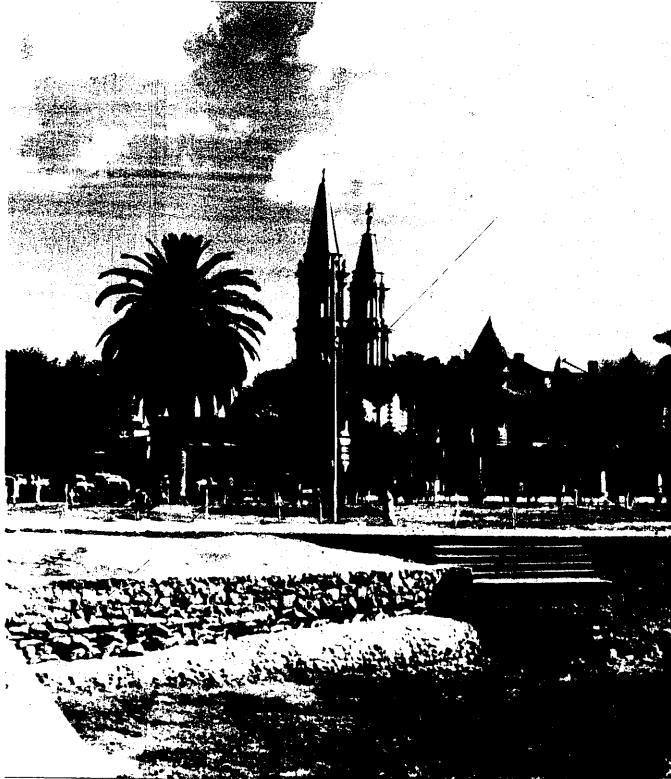
El muelle y la  
playa en Chapala  
en un fin de semana.

El Embarcadero  
de Chapala





El Muelle de Chapala  
orientado hacia la  
villa. Nótese el  
lirio en la orilla  
seca.



La iglesia de Chapala.  
Enfrente de la laguna seca  
con un embarcadero abandonado

El albarrón casi  
destruido del  
antiguo embarcadero  
- Chapala.





Capas sedimentarias lacustres  
formando playas antiguas - Lago  
de Chapala



Antiguo tronco descubierto por  
las aguas del nivel bajo.



Lodo contaminado a orillas del  
Lago Chapala.





Compuerta de desagüe del Lago Chapala en el Rio Santiago.



El lecho casi seco del Rio Lerma cerca de su entrada en el Lago Chapala.



Camino hacia el  
lago en El Fuerte,  
Jalisco.

Tierras ganadas  
del Lago Chapala  
en tiempo de  
sequía.



Los árboles a la  
derecha muestran  
la antigua orilla  
del Lago Chapala.



cas de sequía. El entonces gobernador de Jalisco, Agustín Yáñez, propuso un sistema de extracción de agua de los ríos Lerma y Santiago y del lago de Chapala con una serie de canales, acueductos y una planta purificadora de agua, la más moderna de todo México. El sistema actual deriva su agua del río Lerma que fluye por el canal Ballesteros en el río Santiago. En la presa Corona en el río Santiago en Atotonilquillo, el agua entraba en el canal Atequizar desde donde era llevada a la Estación de Bombeo I. Aquí se bombeaba a 22 metros para que entrara a un segundo canal que llevaba el agua a la Estación de Bombeo II en la falda del Cerro El Cuatro. Aquí se bombeaba a 55 mts. en el embalse y canal "Las Pintas". De este canal, el agua iba directamente a la planta potabilizadora y de aquí llevada directamente a los acueductos que la distribuían en la ciudad de Guadalajara (véase mapa 15). Guadalajara estaba entonces recibiendo  $1 \text{ m}^3$  por segundo de agua potable muy clara; la población de la ciudad en esta época era de menos de 800,000 habitantes (SRHa, p.3). Durante la presidencia de Díaz Ordaz, se construyó otro canal y la provisión total de agua para la ciudad del sistema del lago de Chapala creció a  $9 \text{ m}^3$  por segundo, el 80.6 % de las necesidades de la ciudad. La Comisión del Lerma/Chapala/Santiago había desaparecido en 1970 y todos los problemas de agua de Guadalajara eran tratados por el Sistema Intermunicipal de Agua Potable y Alcantarillado, sostenido por los gobiernos federal y estatal con alguna inversión privada.

No solamente el lago es incapaz de proporcionar más agua, sino que las instalaciones en existencia han llegado a ser insuficientes y la escasez de agua se ha convertido en más aguda. Los que están envueltos en diferentes campañas para la preservación del lago de Chapala han pedido que la ciudad deje por completo de usar el agua del lago y que encuentre nuevas fuentes tales co-

mo la aún incompleta presa de Zurda en el río Verde. Que estas peticiones han caído en oídos sordos se ve por la nueva propuesta de 1.27 billones de pesos presentada al Presidente Miguel de la Madrid en junio de 1983. Incaídos en este plan para "salvar" el lago de Chapala están:

- (1) La expansión de las estaciones de bombeo I y II,
- (2) Rehabilitación de la planta de tratamiento de agua,
- (3) Construcción de la planta de almacenamiento de agua "Patria",
- (4) Construcción de un nuevo acueducto "Oriente" I,
- (5) Perforación de diez pozos profundos.

(THE NEWS, 10 de junio de 1983).

En estas propuestas, todas, excepto la última, se implica un uso mayor y no menor del lago de Chapala; el proyecto del río Verde fue rechazado por ser demasiado costoso.

La población de la ciudad en 1983, incluyendo los suburbios de Tlaquepaque y Zapopan, era aproximadamente de 2,800,000 habitantes. Se estima que para 1988, con un índice de crecimiento del 5 %, llegará a 3,700,000 habitantes que necesitarán  $13.4 \text{ m}^3$  de agua por segundo.

La única fuente real de agua o de flujo en el lago es el río Lerma, aumentado por el Duero y el Zula, que deberían contribuir unos 2,500 millones de metros cúbicos a la región de la Ciénaga; sin embargo, si retrocedemos sobre el largo curso del río Lerma desde sus comienzos en el Valle de Toluca, encontraremos que:

- (1)  $9 \text{ m}^3$  por segundo se extraen en la fuente para proporcionar agua potable a la ciudad de México.
- (2) Dos grandes presas (Tepuxtepec construída en 1935 y Solís construída en 1948) y otras varias más pequeñas se han construído para retener el agua para uso agrícola.

- (3) 20 Distritos de Riego (véase mapa 12) toman agua del río directamente para usarla en los campos de riego durante las estaciones de cultivo.
- (4) Varios grandes Corredores Industriales (Toluca, Atlacomulco, Querétaro, Celaya e Irapuato) usan las aguas del Lerma o de sus tributarios y descargan desperdicios, tratados por plantas de tratamiento primario, si es que lo están, en el curso de sus aguas. Tales industrias, como refinerías (la planta de Pemex en Salamanca), plantas petroquímicas, fábricas de procesamiento de alimentos, emparadoras, fibras sintéticas y plantas de alimentos para el ganado están también incluídas.
- (5) Un promedio de 130 millones de m<sup>3</sup> se usan para regar el área de la Ciénaga en los estados de Jalisco y Michoacán, o sea unas 47.000 hectáreas.

En La Barca, corriente arriba de la presa, el río Lerma se ha hecho irreconocible, estancado, agua fétida, casi cubierta por completo por lirios acuáticos (véanse fotos).

Además de la reducción del volumen de agua en el lago, otro problema serio es el grado de contaminación. El lago recibe 3 millones de m<sup>3</sup> de contaminantes cada año, solamente del reducido caudal del río Lerma (UNOMASUNO, 12 de enero de 1981). También hay 11 pueblos y villas alrededor del lago que arrojan en él las aguas negras domésticas sin tratamiento alguno; los campos agrícolas, ganado, granjas de cría de cerdos e incluso los turistas de los fines de semana con sus inevitables latas de cerveza y toda clase de basura, aumentan los niveles de contaminación del lago. La ciudad de Chapala inauguró en 1982 una planta primaria de tratamiento de aguas negras con una cantidad de 2000 litros por segundo, que, de acuerdo con los residentes del área, ha mejorado mucho la ca-



El Rio Lerma  
en  
La Barca,  
Jalisco



lidad del agua del lago en la localidad.

Según el informe del Director General de Usos del Agua y Prevención de la Contaminación de la SARH en junio de 1975, el lago estaba considerado en una etapa moderada de eutroficación (TECNICA, 15 de junio de 1975). Considerando al fósforo (P) y al nitrógeno (N) como factores limitantes, el informe procede a enumerar las cantidades anuales de estos elementos añadidas a las aguas del lago en la forma siguiente:

<u>Río Lerma</u>	<u>Actividades agrícolas</u>	<u>Pueblos y villas</u>
1,400 tons. de N	208 tons. de N	299 tons. de N
710 " " P	146 " " P	84 " " "

Solamente la industria ganadera, que alimenta aproximadamente a 852,000 cabezas de ganado alrededor del lago, puede registrar 49,464 kilos por día de material orgánico, un cierto porcentaje del cual desagüa o se infiltra en el lago. Pero aún puede considerarse al río Lerma como el contaminador más activo del lago; el extremo este del lago presenta un crecimiento anormal de algas cianofitas, indicando una etapa avanzada de eutroficación.

Los niveles comparativos de nitratos y de fosfatos es como sigue:

<u>Fosfatos</u>	<u>Substancias nitrogenosas</u>
(mg/l)	(mg/l)
Lagos oligotróficos 0.01 a 0.04	0.02
Lagos eutróficos 0.03 a 1.50	>0.02
Lago Chapala 0.14 a 0.79	0.94
Río Lerma 0.46	2.26

El grado de diversidad de especies es también un indicador de la condición de una masa de agua; se mide en una escala de 0-1 (muy contaminada), 2-3 (contaminada moderadamente), más de 3 (no

contaminada). Entre las especies planctónicas, el lago de Chapala tiene un índice de diversidad de 2.73, lo cual indica una contaminación moderada. Pero los indicadores de especies bentónicas tienen un promedio de 0.67, mostrando el grado alarmante de contaminación de los lodos del fondo del lago.

Un estudio limnológico hecho en las aguas del lago entre 1972 y 1974 (AMEZCUA Y SAN MIGUEL, n.p.) muestra un nivel aceptable de oxígeno disuelto (OD) y lecturas relativamente bajas de Demanda Bioquímica de Oxígeno ( $BDO_5$ ). (véase la gráfica K). Esto indica que, en esa época, el lago todavía poseía la capacidad de absorber enormes cantidades de contaminación por material orgánico. La cantidad de contaminantes no degradables está indicada por el relativamente alto DQO, que refleja la entrada de desperdicios industriales tóxicos del río Lerma. La alarmante concentración alta de fenoles también puede atribuirse a la contaminación por el río Lerma.

La calidad del agua del lago se midió por un índice (ICA) basado en los datos anteriores (véase mapa 16). El mapa presentado incluye datos tanto del río Lerma como del río Santiago, que mientras sale del lago no añade nada a su nivel de contaminación sino que recibe descargas del Corredor Industrial a todo lo largo de su curso y del río de San Juan de Dios que es, en efecto, la alcantarilla abierta de la ciudad de Guadalajara. También se incluye un mapa que da variaciones de los estados saprobióticos del agua del río y del lago (véase mapa 17).

Este estudio, hecho por la Sociedad Mexicana de Ingeniería Sanitaria, llegó a las siguientes conclusiones:

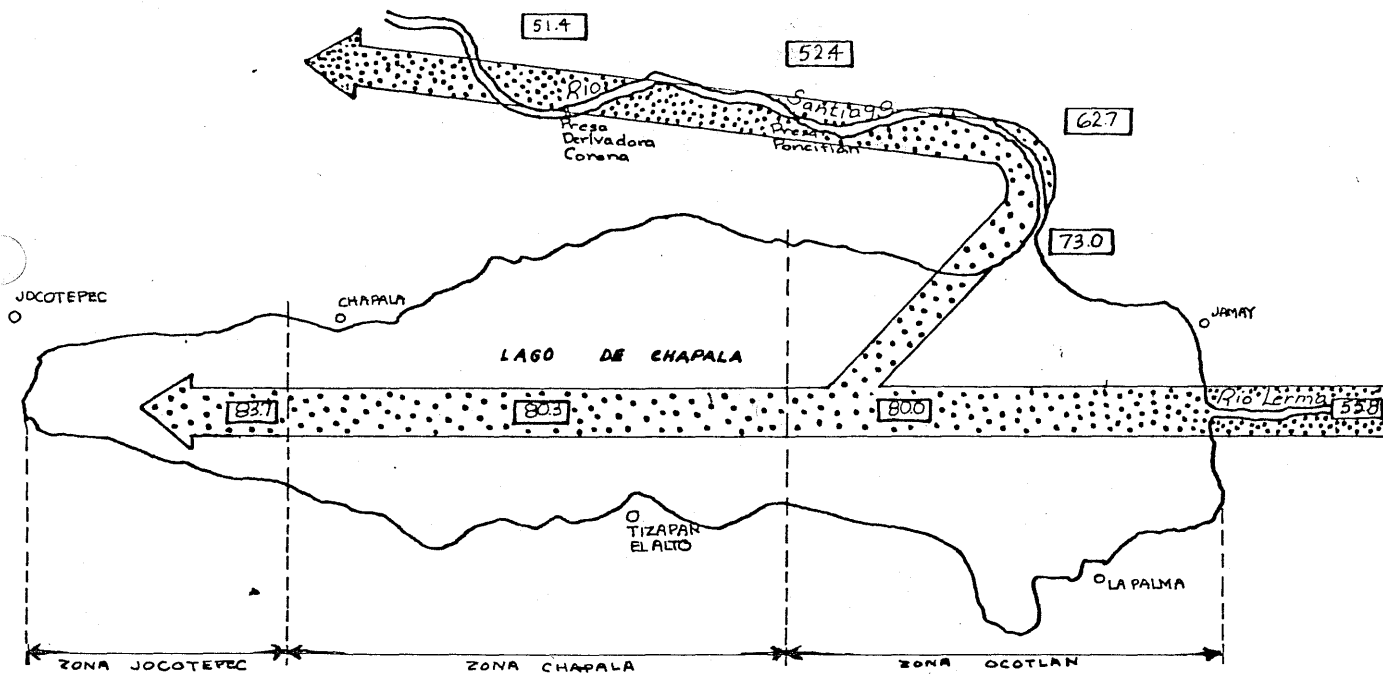
- (1) El lago funciona como un voluminoso sistema de tratamiento de agua, regenerando efectivamente condiciones en el agua, especialmente en el mismo centro del lago. Este



Parámetro	Concentración	Niveles Aceptables
OD	7.99 a 6.25 mg/l	4 mg/l
DBO <sub>5</sub>	3.48 a 1.62 mg/l	
DQO	24.9 a 15.3 mg/l	
Nitrógeno total	0.75 mg/l	0.9 mg/l
Fosfatos totales	0.29 mg/l	0.3 mg/l
Sulfatos	24.4 mg/l	250 mg/l
Sólidos totales	32.4 mg/l	80 mg/l
Fenoles	15.4 ug/l (0.00154 mg/l)	0.001 mg/l
Grasas y Aceites	49.9 mg/l	-
pH	8.9 a 8.3	7.0 ( neutro )
Temperatura	24.2 a 17.4 °C	-
Dureza	129 mg/l	

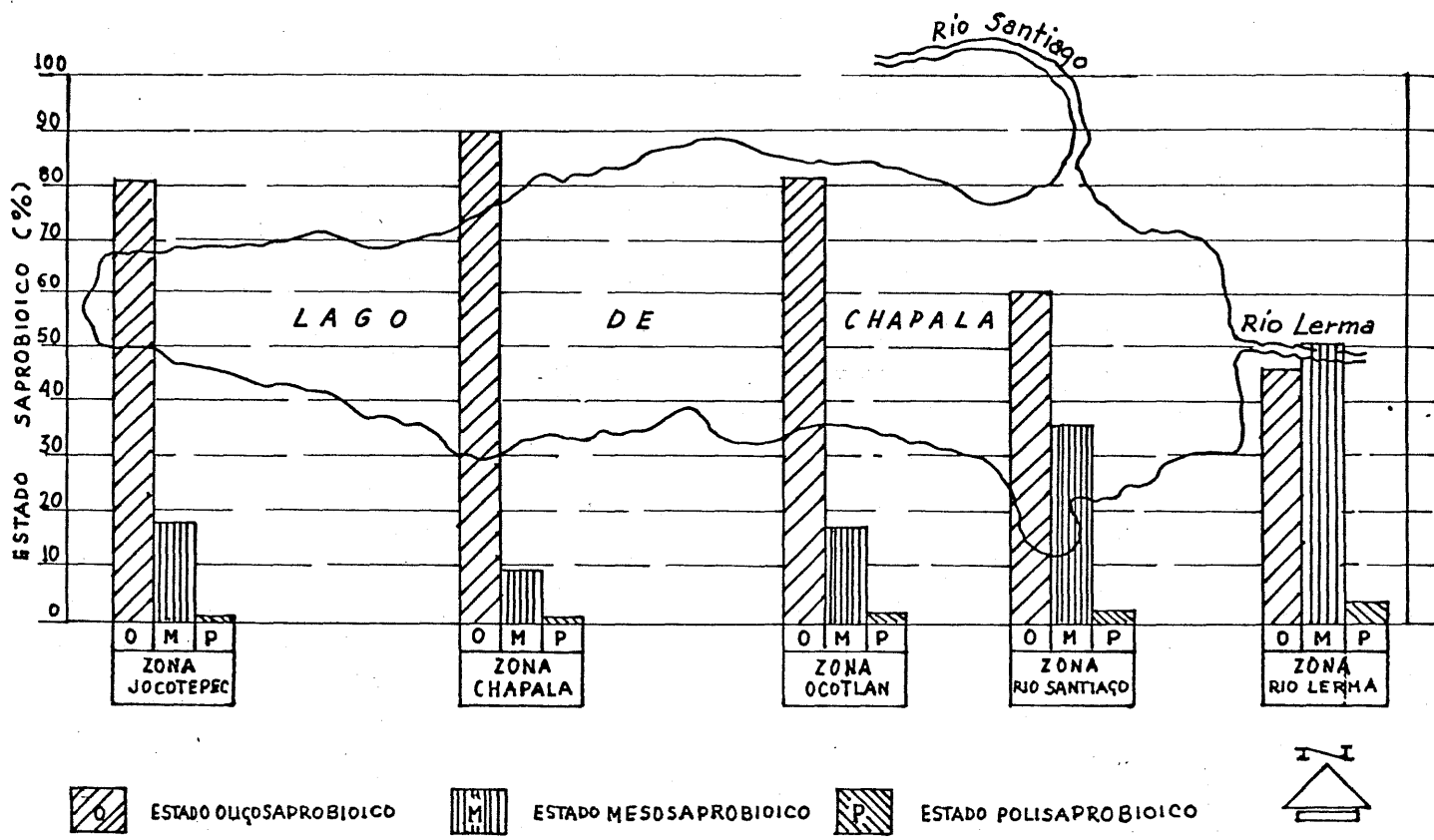
GRAFICA K - Parámetros fisicoquímicos del lago de Chapala.  
( Niveles aceptables - U.S.Public Health Standards )

S.M.I.S., 1976



ICA	CLASIFICACION
100 - 85	Excelente
85 - 70	Aceptable
70 - 50	Poco Contaminado
50 - 30	Contaminado
30 - 0	Altamente Contaminado

MAPA 16 - INDICES DE CALIDAD DEL AGUA (ICA) DEL LAGO DE CHAPALA Y RIOS LERMA Y SANTIAGO



MAPA 17-VARIACION DE LOS ESTADOS SAPROBIOICOS EN EL LAGO DE CHAPALA, RIO LERMA Y RIO SANTIAGO

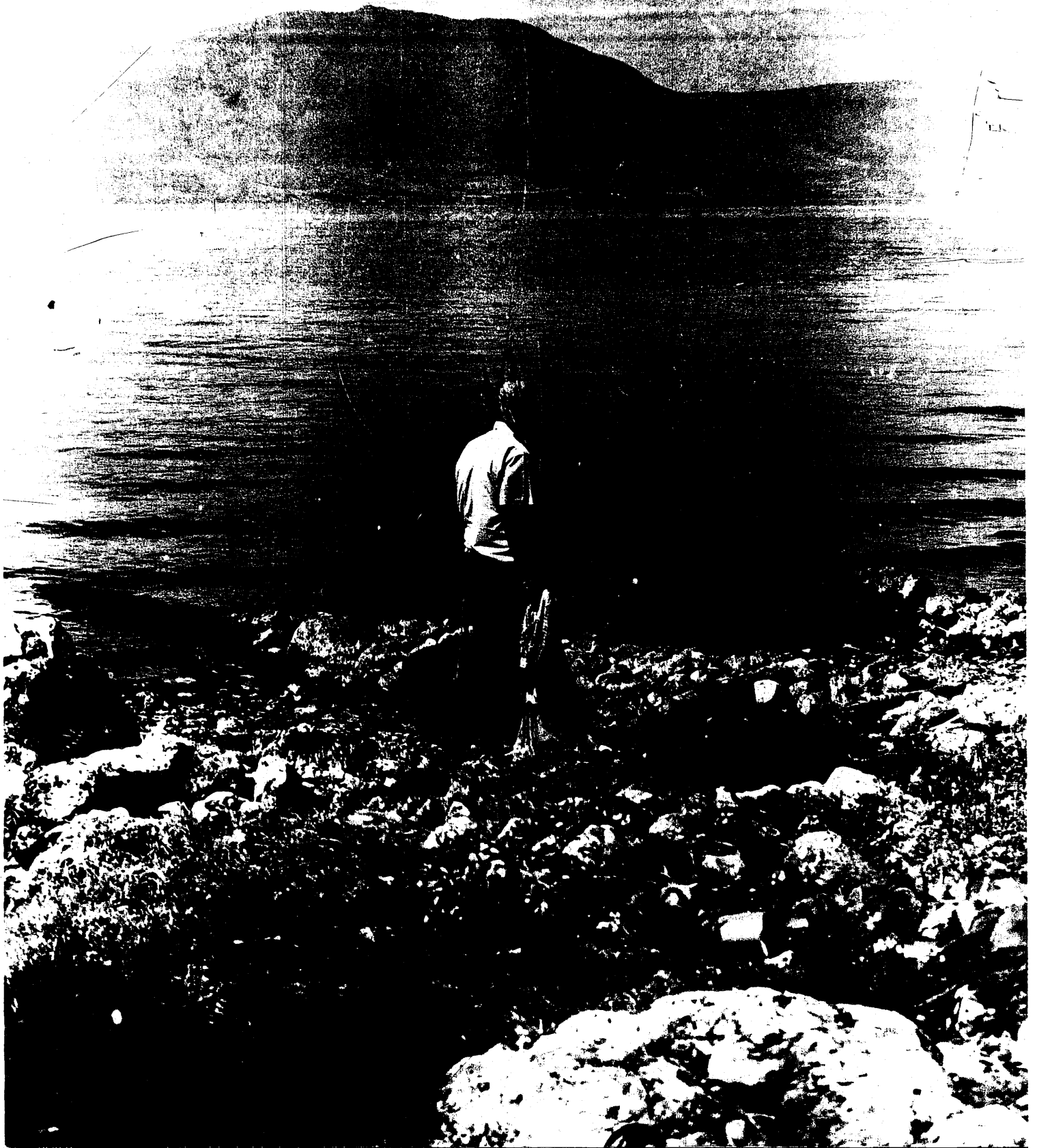
(SMIS, 1976)

proceso de limpieza se debe probablemente al tamaño del lago, a las abundantes lluvias de verano, a largas horas de insolación para el proceso de fotosíntesis y a la aeración de las aguas de la superficie por los vientos constantes, de suaves a fuertes, sobre el lago.

- (2) La peor contaminación ocurre en el extremo este del lago cercano a la desembocadura del río Lerma. También ocurren indicaciones mayores de contaminación cerca de las orillas a todo alrededor del lago.
- (3) Los altos parámetros del DQO y de contenido de fenol de las aguas presentan una seria indicación de la presencia de materiales tóxicos, incluyendo metales pesados.
- (4) A pesar de lo anterior, el informe clasifica al lago en un estado intermedio entre eutrófico y oligotrófico, mientras admite que, en esa época (1974) había suficientes indicaciones de que el lago estaba enfrentando alteraciones posiblemente "serias" en su situación ecológica en un futuro cercano, a menos que se tomaran medidas.

La conclusión semioptimista de este informe no puede estar de acuerdo con las conclusiones de las una vez numerosas industrias pesqueras florecientes en el lago de Chapala. Aún hace diez años había una captura promedio de 10 toneladas diarias; ahora se ha reducido a dos toneladas diarias. Las especies predominantes son la carpa, bagro y los siempre presentes "charales"; el famoso pescado blanco está en camino de extinguirse. Los estratos del fondo del lago donde los peces depositan sus huevos muestran el más alto grado de contaminación. No solamente la captura es menor, sino que además el peso de cada pescado es mucho menor. Alrededor de 700,000 personas solían depender de la pesca; según disminuyen las capturas, muchas están dedicándose a otras ocupaciones o subocupa-

ciones como la fabricación de artesanías baratas para los turistas e incluso a saquear los lugares arqueológicos locales en busca de artefactos.



Pescador en la Isla de los Alacranes, Lago de Chapala.

BIBLIOGRAFIA

- Amezcuca, Jesús y San Miguel, Juan Carlos, La Calidad del Agua en el Lago de Chapala y su Impacto en el Ambiente, XV Congreso de Ingeniería Sanitaria, Buenos Aires, junio de 1976.
- Barrera Rodríguez, Rosier Omar, Notas para un estudio del Cuaternario en el estado de Jalisco, Memoria, Tomo I, VIII Congreso Nacional de Geografía, Toluca, 1981, pp. 98-109.
- Bassols Batalla, Angel, Geografía Económica de México, Editorial Trillas, S.A., México, 1970.
- Bataillon, Claude, Las regiones geográficas de México, Siglo XXI, México, 1969.
- Baus de Czitrom, Carolyn, Tecuexes y Cocas, dos grupos de la región Jalisco en el siglo XVI, Colección Científica Etnohistoria, no. 112, Instituto Nacional de Antropología e Historia, México, 1982.
- Bond, Margaret N., The Archaeology of Lake Chapala, Jalisco, México, Tesis doctoral, 1971, Tulane University, University Microfilms, Ann Arbor.
- Casarrubias, Vicente, Rebeliones indígenas en la Nueva España, Colección Metropolitana, México, 1975.
- Casasola, Gustavo, Historia Gráfica de la Revolución Mexicana, 1900-1970, Ed. Trillas, México, 1973, 2a. Ed.
- Canby, Thomas Y., The Search for the First Americans, en National Geographic, vol. 156, No. 3, September, 1979, p. 330.
- Chavero, Alfredo, México a través de los siglos, Tomo primero, Historia antigua y de la conquista, México, Ed. Cumbre, 1962. Excelsior, 18 de octubre de 1982.
- Fladmark, Knut R., Los pobladores de América, en Mundo Científico

(La Recherche), No. 20, vol. 2, pp. 1228.

Funes Carballo, Luis Ignacio, Introducción al estudio de la Cuenca Lerma-Chapala-Santiago, Tesis, UNAM, México, 1968.

García, Enriqueta, Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen, UNAM, Instituto de Geografía, México, 1973.

Gutiérrez de MacGregor, María Teresa, Geodemografía del Estado de Jalisco, UNAM, México, 1968.

Helbig, Karl M., Der Chapala-see in Mexico und seine Austrocknung, "La Laguna de Chapala en México y su desecación". Petermanns Geogr. Mitteilungen, Vol. 103, pp. 18-38, Gotha, 1959.

Jiménez Moreno, Wigberto, Cronología de la historia Pre-Colombiana de México, de México Prehispánico, Antología Esta Semana-This Week, Ed. Emma Hurtado, México, 1946.

López Portillo y Weber, José, La Conquista de la Nueva Galicia, Talleres Gráficos de la Nación, México, 1935.

Memorandum, Comec, 2 de octubre de 1972.

Mendizabal, Miguel Othón de, La Distribución Geográfica de la Sal, de México Prehispánico, Antología, Esta Semana-This Week, Ed. Emma Hurtado, México, 1946.

Mitchell, George W., Una investigación del "Lago Jalisco", un lago del Pleistoceno en la región central de Jalisco, Publicación de la Sociedad Jalisciense de Geografía y Estadística, Guadalajara, 1964.

The News, Travel-Vistas, "The Dying Giant, Lake Chapala," 8 de mayo de 1983.

----- "Government Promises Action", 10 de junio de 1983.

Noguera, Eduardo, Cultura Tarasca, de México Prehispánico, Antología Esta Semana-This Week, Ed. Emma Hurtado, México, 1946.

Novedades, "Descuido Ancestral," 3 de abril de 1983.

Palerm, Angel y Wolf, Eric, Agricultura y Civilización en Meso-

américa, México, SepSetentas, Diana, 1980.

Riviere D'Arc, Hélène, Guadalajara y su región, Traducción de Carlos Montemayor y Josefina Anaya, Biblioteca SEP, SepSetenta, México, 1973.

SPP, Secretaría de Programación y Presupuesto, Síntesis Geográfica de Jalisco, México, 1981 (Abreviado como SPP).

Secretaría de Recursos Hidráulicos (SRHa), Agua para Guadalajara, México, 1956.

Secretaría de Recursos Hidráulicos, (SRHb), Boletín Hidrológico No. 1, "Datos hidrológicos mensuales de la Cuenca Lerma-Chapala-Santiago hasta 1954", p. 263.

Rzedowski, Jerzy, Vegetación de México, México, Ed. Limusa, 1981.

Tamayo, Jorge L., Geografía Moderna de México, 9a. ed., Ed. Trillas, México, 1981.

Tello, Antonio, Crónica Miscelánea en que se trata de la conquista espiritual y temporal de la Santa Provincia de Xalisco en el nuevo reino de la Galicia y Nueva Vizcaya, Vol. 2, Imprenta de la República Literaria, Guadalajara, 1891.

Técnica (SRH), Enriquecimiento del lago de Chapala, 15 de junio de 1975.

Unikel, Luis, El Desarrollo Urbano de México, 2a. Ed., El Colegio de México, México, 1978.

UnomásUno, "Víctima de la contaminación y de la apatía de organismos públicos, muere el Lago de Chapala", 12 de enero de 1981.

UnomásUno, "Dibujos con antigüedad de 28 mil años...", 24 de enero de 1981.

Van Young, Eric Julien, Rural life in eighteenth century México: The Guadalajara region, 1675-1820, Tesis doctoral, Berkeley, 1978, University Microfilms, Ann Arbor.

Vivó, Jorge A., Culturas de la Nueva Galicia, México Prehispánico,



Antología Esta Semana-This Week, Ed. Emma Hurtado, 1946.

Vivó Jorge A., "La Depresión Chapala-Acambay-México Oriental. Su Origen y su significación morfológica", Anuario de Geografía, XII, UNAM, México, 1972.

Wolf, Eric, Sons of the Shaking Earth, Chicago, University of Chicago Press, 1959.

Zuno, José Guadalupe, El problema de Chapala es de carácter nacional, Boletín de la Junta Auxiliar Jalisciense de la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística, Guadalajara, 1956.

### CONCLUSIONES

El lago de Texcoco y el Lago de Chapala fueron, de todos los lagos de la Altiplanicie Meridional de México, los ejemplos más extremos; el primero, por la cantidad de esfuerzo humano envuelto en su manejo, y el segundo, por su tamaño, que hasta ahora ha resistido el mismo esfuerzo humano para controlarlo.

En ambos casos, el hombre ha ignorado el régimen natural de los lagos, como masas de agua afectadas por ciclos anuales de lluvia de seis meses de fuerte precipitación y seis meses de sequía. Los cambios resultantes en los niveles de los lagos han sido un reto a los intentos humanos de urbanización y agricultura.

Añádase a esto la disrupción inevitable, tanto del balance hidrológico como del proceso natural de eutroficación, debida a las actividades del hombre, y también debe considerarse el manejo de las aguas de los lagos como uno de los problemas ecológicos más graves a los que se enfrenta el Gobierno Mexicano hoy en día.

Es inevitable que la producción de materiales de desecho, ya sean domésticos o industriales, aumentará en proporción al incremento de poblaciones humanas; y la mayor parte de estos desechos, en alguna forma, acabarán en las masas de agua. El primer paso hacia un saneamiento del medio ambiente debe de comenzar con métodos viables para deshacernos de estas aguas negras o convertirlas en componentes aceptables del ecosistema.

El Sistema de Drenaje Profundo para el Valle de México es un ejemplo de cómo "nos deshacemos de las aguas negras". Comenzado en 1967, ya se ha terminado la primera etapa de 69 kms. y el 50 % de la segunda etapa de 68.8 kms., de los 136.8 kms. de construcción planeada; todavía queda la construcción de un túnel muy pro-

fundo, necesariamente bajo el nivel base del Valle de México para permitir que el agua fluya llevada por la gravedad. Este túnel de concreto reforzado saldrá del valle no en el lugar de los túneles de Tequixquiac, sino más cerca del antiguo tajo de Nochistongo, vaciándose en el Río del Salto, que será usado en el Distrito de Riego No. 03. Será la "columna vertebral" del sistema de drenaje de la Ciudad de México y sacará el agua de las instalaciones existentes, tanto subterráneas como de la superficie, incluyendo el Gran Canal. Pero, al disponer así de las aguas negras, en realidad, sólo se está llevando el problema a otro lugar fuera del Valle de México, donde, pronto o tarde, tendrá serias repercusiones en el plano nacional.

La idea es aislar por completo las fuentes de agua dulce en el Valle, es decir, el agua de lluvia, de los arroyos y manantiales y el agua de beber, "importada" a un alto precio, de los materiales de desecho domésticos e industriales.

Si el Altiplano mexicano pudiera asegurarse un abastecimiento sin límite de agua potable y clara, aunque sólo fuera durante los seis meses "lluviosos" del año, entonces muchos proyectos, que resolverían problemas ecológicos, podrían llevarse a cabo, como reforestación, inyecciones en aumento de agua en los mantos freáticos, producción creciente de la irrigación y la agricultura, nuevos parques y áreas recreacionales, proyectos habitacionales e incluso nuevos corredores industriales. Pero si la lluvia, y como resultado las aguas de ríos y lagos, siguen siendo no usables por la gran cantidad de substancias con las que están mezcladas, deliberada o indeliberadamente, entonces en verdad un mayor recurso de México está siendo mal manejado. Todas las grandes sumas de dinero invertidas en tratar el agua después de que ésta ha sido contaminada, se hubiese gastado mejor en métodos, clara-

mente más costosos, para controlar los desechos en la fuente de origen.

Con lagos y canales de agua dulce y limpia, planeados para absorber las inundaciones causadas por las tormentas de verano, México recibiría beneficios inmensos del medio ambiente. Imagínese el Gran Canal llevando agua clara, el Lago de Texcoco restaurado, y los canales de Xochimilco llenos de agua clara y brillante. No es tan imposible como parece; otras áreas lo han logrado, el canal navegable de Oakland, el lago Erie y el lago Washington, el río Támesis, el río Neva que pasa por Leningrado. Ha sido llevado a cabo por leyes estrictas de control del medio ambiente, apoyadas por las acciones de la comunidad. Muchos grandes centros industriales del mundo han descubierto que el costo de los proyectos de control del agua, son, a la larga, más económicos que los enormes costos de purificación del medio ambiente.

Durante muchos años, las innumerables entidades federales han tenido sus propias organizaciones para la vigilancia y control del medio ambiente, una situación admirable pero, desgraciadamente, con muy poca coordinación entre ellas. De acuerdo con la Ley Federal del Agua, la agencia encargada principal y legalmente de la regulación y el control de todas las aguas de México, es la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH). Bajo la jurisdicción de la SARH están diferentes organizaciones, tales como la "Comisión de Aguas del Valle de México" (la antigua "Comisión Hidrológica de la Cuenca del Valle de México") con su Plan Texcoco, la "Comisión Lerma-Chapala-Santiago" (ahora extinta) con su Plan Lerma, y la "Dirección General de Conservación de Suelos y Agua", que tomó el lugar de la "Dirección General de Uso del Agua y Prevención de la Contaminación" y su subagencia, la "Dirección del Manejo de Cuencas".

al rango de secretariado con la creación de la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (SEDUE). Los objetivos de esta agencia, a corto plazo, son: la instalación de más plantas de tratamiento de agua para animar a la industria a usar agua reciclada, ciertamente más barata que traerla desde grandes distancias como se hace ahora, y también para establecer fondos especiales e incentivos fiscales para que las pequeñas y medianas industrias instalen equipo de anticontaminación.

Pero la instalación de plantas primarias de tratamiento de aguas (véase Cuadro A, p. 7) no resolverá las condiciones alarmantes de las aguas residuales en el valle del Lago de Texcoco o el inminente colapso en el ecosistema del Lago de Chapala. Está bien documentado que la adición de afluentes de las plantas de tratamiento de agua, primarias o secundarias, aceleran el proceso de eutroficación y la eventual muerte ecológica de un lago o de una masa estacionaria de agua (DAVIES, pp. 275-282; EDMONDSON, pp. 167-175 y HASLER, pp. 383-395). La llegada de los WC y las plantas modernas de tratamiento de agua producen una "infusión" orgánica que pone en duda el uso de las aguas donde se vierten. En otras palabras, el nuevo lago del Plan Texcoco, el Lago Nabor Carrillo, tendrá aguas que se aproximan a las que hoy hay en Xochimilco.

Deben ser implementadas las mejores técnicas para remover los materiales orgánicos. Las plantas de tratamiento terciario, mientras son mucho más costosas podrían ser a la larga más económicas. El tratamiento de ozono (KEINE, pp. 24-25) no sólo precipita los minerales como el manganeso y el hierro y remueve los fenoles y los cianuros, sino que también destruye por completo las bacterias patógenas y las moléculas orgánicas que dan al agua un olor, gusto y sabor desagradable. Este proceso (véase Gráfica L), usado

La SAHOP, apoyada por la Ley General de Asentamientos Humanos, también está envuelta en los "usos, reservas y destinos de las tierras, aguas y bosques" (BASSOLS, p.299); bajo la SAHOP, se formó una "Comisión de Conurbación del Centro del País" para tratar los problemas interestatales de México, Morelos, Puebla, Tlaxcala e Hidalgo, incluyendo el uso de los recursos de agua.

La Secretaría de Programación y Presupuesto (SPP) que, en la última administración estuvo dirigida por Miguel de la Madrid, estableció un "Fondo Nacional para Prevenir y Controlar la Contaminación Ambiental", el propósito del cual era solicitar la participación financiera del sector público y privado, el Gobierno Federal y los gobiernos estatales y municipales para proporcionar ayuda a cualquier proyecto legítimo para mejorar las condiciones en su medio ambiente. (CESARMAN, en UnomásUno, 10 de agosto de 1981).

La Secretaría de Salubridad y Asistencia Pública (SSA) también tiene una Secretaría de Prevención contra la Contaminación, que ha llevado a cabo convenios con varios gobiernos estatales, incluyendo Jalisco. Hay varias "Comisiones Ecológicas" a nivel estatal y municipal; el trabajo de los gobiernos municipales, al disponer de dinero, maquinaria y mano de obra, es con frecuencia muy efectivo. Las organizaciones paraestatales, como la CFE y Pemex tienen sus propias agencias para la protección del medio ambiente.

La Cámara de Diputados, preocupada también, ha establecido un Comité Legislativo para la Ecología y Medio Ambiente, y trabajó para aprobar una ley, la Ley de Prevención de la Contaminación, que se añadió al Artículo 27 de la Constitución.

Con la nueva administración bajo la presidencia de Miguel de la Madrid, el manejo de los problemas ecológicos ha sido elevado

por primera vez en 1906 en Niza, Francia, ha dado excelentes resultados en ciudades industriales tan grandes como Moscú, Montreal, París, Singapur, Bruselas y Amsterdam.

El costo de estos procesos será parcialmente financiado por (1) industrias que usan las aguas, (2) la entidad local o federal bajo cuya jurisdicción están las aguas y (3) los ciudadanos involucrados, que tienen conciencia de los peligros para ellos y sus hijos.

La vieja controversia sobre el uso de los recursos surge de nuevo: ¿Quién posee el agua? Por ley pertenece a la Nación y puede ser usada por la comunidad para "disfrutar en común" mientras no haya un desacuerdo entre los grupos para su uso. Sin embargo, la realidad ha impuesto controles gubernamentales sobre el uso y el destino de este valioso recurso. El gobierno- y nosotros debemos pasar por alto, por el momento, la posibilidad de corrupción e ineptitud burocrática- tiene que elegir entre una multitud de demandas. La Ley Federal de Aguas ha establecido las prioridades para el uso de agua en la forma siguiente. (SOTO ROMERO, p. 110):

- I. Usos domésticos;
- II. Servicios públicos urbanos;
- III. Abrevaderos de ganado;
- IV. Riego de terrenos:
  - a) Ejidales y comunales.
  - b) De propiedad privada.
- V. Industrias:
  - a) Generación de energía eléctrica para servicio público;
- VI. Acuacultura;
- VII. Generación de energía eléctrica para servicio privado.
- VIII. Lavado y entraquinamiento de terrenos; y
- IX. Otros.

Demanda química  
de oxígeno soluble  
DQO soluble

Demanda bioquímica  
de oxígeno a 5 días  
DBO<sub>5</sub>

Demanda química  
de oxígeno  
DQO

S.S.T.  
Sólidos  
suspensidos  
totales

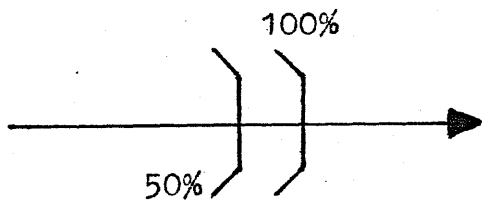
COLIFORMES  
TOTALES

COLOR

POTENCIAL  
REDOX

TURBIEDAD

pH  
Potencial de Hidrógeno



Reducciones (DBO<sub>5</sub>, SST, etc.)  
Aumentos (pH, potencial)

GRAFICA L- ACCIONES DEL OZONO EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES URBANAS.

(KEIME, p. 25)



Quizá, entre los "otros" podemos incluir la necesidad de la gente de escuchar el suave chapoteo de las olas en las playas o sentir el aire fresco que sopla al amanecer en un lago.

¿Tiene un lago un valor sólo cuando puede usarse para provecho económico? ¿Puede entonces disponerse de él cuando su valor como tierra seca es mayor que como una masa de agua? El Informe Comec al Ing. Cruickshank de la SRH en 1972 (COMEC, p.1) se refiere al "bajísimo rendimiento del recurso hidráulico", el Lago de Chapala, puesto que sólo el 8 % se usaba para agua potable, el 29 % para fuerza hidroeléctrica, pero que el 22 % y el 41 % se perdían por el escurrimiento y la evaporación!

Aún el disfrute de las aguas del lago en su estado natural cae bajo el beneficio de la industria turística.

Los lagos de la Altiplanicie meridional fueron y todavía son elementos esenciales en el medio ambiente; quienes ignoran esto, también están ignorando la lección del Lago de Texcoco.

BIBLIOGRAFIA

- Bassols Batalla, Angel, Recursos Naturales de México, México, Ed. Nuestro Tiempo, 1978.
- Césarman, Fernando, "Fondo contra los ecocidas", UnomásUno, 10. de agosto de 1981.
- Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, México, Ed. Porrúa, 1976.
- Davis, Charles C., "Eutrophication of Lake Erie from Phytoplankton Records", Limnology and Oceanography, Vol. IX, No. 3, 1964.
- Edmondson, W. T., "Changes in Lake Washington following an increase in nutrient income", Verh. Interat. Verein. Limnol. XIV, Stuttgart, Juli 1961, pp. 167-175.
- Hasler, Arthur D., "Cultural eutrophication is reversible", Bio Science, pp. 425-431, May, 1969.
- Keine, P., "Ozono: Solución en el tratamiento de aguas en México", Información Científica y Tecnológica, Vol. 4, No. 67, abril de 1952.
- Soto Romero, Juan Antonio, Manejo de Cuencas, Una Solución al problema del desarrollo integrado, Tesis, UNAM, México, 1979