

870115

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE GUADALAJARA

17

INCORPORADA A LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

24

ESCUELA DE INGENIERIA



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

"PROYECTO DE UTILIZACION DE LAS  
AGUAS PLUVIALES DEL VALLE DE TOLUQUILLA "

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

INGENIERO CIVIL

PRESENTA

RODOLFO OCHOA CEJA

GUADALAJARA, JAL., 1990.



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 está 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.

## I N D I C E

	PAG.
I. INTRODUCCION	1
II. CARACTERISTICAS DEL VALLE DE TOLUQUILLA	7
III. CRECIMIENTO DEL AREA URBANA	41
IV. PROBLEMÁTICA	49
V. SOLUCION PROPUESTA	61
VI. CONCLUSIONES	73
BIBLIOGRAFIA	81

## I. INTRODUCCION

El presente trabajo tiene una doble finalidad:

1. Dar un bosquejo de los problemas de índole hidrológico, que se presentarán si, siguiendo la tendencia actual - de crecimiento del área urbana de Guadalajara, ésta se extiende en el Valle de Toluquilla.

2. Sugerir las posibles soluciones a los problemas - anteriormente citados y al mismo tiempo estudiar el modo más - conveniente de aprovechar los volúmenes de agua escurridos en este valle, teniendo en mente que la necesidad más apremiante en esta zona, está representada por la demanda de agua potable para la zona metropolitana de la ciudad de Guadalajara.

La importancia, extensión y complejidad de los problemas involucrados rebasan desde luego las posibilidades de un principiante, por lo que el presente trabajo únicamente trata de - hacer la presentación de problemas y soluciones que deben ser estudiadas y resueltas si el planteamiento se estima, si no co rrecto cuando menos viable, por aquellos que están capacitados para ello.

Un estudio de la naturaleza del presente requiere de una multitud de estudios de toda índole, topográficos, hidrológi--cos, urbanísticos, demográficos, de factibilidad económica, - etc.; que están fuera de mi alcance. En lo referente a orografía, hidrografía y climatología me serví de las cartas y publi- caciones del DETENAL y en lo referente a hidrología los datos se obtuvieron de las informaciones de la SARH y SIAPA.

Siendo el fin primordial del presente estudio presentar - una idea general acerca de los problemas hidrológicos del valle, no es posible en un trabajo de estas dimensiones y catego ría, hacer un estudio exhaustivo de los temas que se tratarán

y que en rigor, necesitaría cada uno una monografía o tesis, - por lo que muchos aspectos, como la determinación de las condiciones hidrológicas y climáticas, diseño de estructuras y obras de toda clase se tratarán de una manera aproximada, tratando únicamente de dar una idea de ellos en cuanto estén relacionados con el tema general a tratar.

#### I.A. OBJETO DEL ESTUDIO

La zona metropolitana de Guadalajara, con un índice de crecimiento demográfico de 5.5% anual, uno de los más altos en el país, muestra una tendencia a crecer en todas direcciones, el crecimiento físico de la zona metropolitana de Guadalajara desglosado por municipios están indicados en el Cuadro No. 1, sin embargo la expansión citadina rumbo al norte y al oriente se tendrá forzosamente que frenar en el borde del cañón del río Santiago, al noroeste tal vez no sea conveniente el crecimiento por ser esta zona, la de Tesistán, posiblemente la mejor zona maicera del estado y al poniente se tiene la serranía del Colli que topográficamente no es apta para urbanizarse, además de ser la única reserva forestal cercana a Guadalajara. Si a estas circunstancias se agregaran las del rápido desarrollo industrial que está teniendo la zona de El Salto, todo ello induce a pensar que en un plazo más o menos próximo, el poblamiento, especialmente el de tipo popular se asentará preferentemente al sur de la ciudad, rebasando la zona urbana el parteaguas del valle de Guadalajara y convirtiendo paulatinamente el valle de Toluquilla, tal vez parcialmente, en área urbana.

De hecho algunas porciones de la zona metropolitana ya se ubican en este valle, así se tienen los fraccionamientos residenciales como Las Fuentes, Bugambilias, Santa Anita, Club de Golf Atlas, El Palomar y colonias populares como San Pedrito, Las Juntas, Los Gavilanes y aún asentamientos ilegales en zonas

ejidales como Santa María Tequepexpan y Las Pintas. En el año de 1980 las poblaciones ubicadas en este valle contaban con - aproximadamente - 88 000 habitantes.

La urbanización del valle, por sus características, particularmente las orográficas, hará que se presenten problemas especialmente de tipo hidrológico, cuya solución se trata de esbozar en el presente estudio, en el cual se tratará primero de determinar las características del valle que más influyen en - los problemas hidrológicos, su posible solución y el aprovechamiento más adecuado de los volúmenes que escurren en esta zona. Este último aspecto es especialmente importante debido a que - el agua, aún cuando es un recurso renovable, su cada vez mayor utilización en todas las ramas de la actividad humana, en muchos de los cuales es un factor de primordial importancia, hacen que los volúmenes disponibles sean cada vez más escasos y en muchos casos representan la más importante limitante para - la ejecución de proyectos de toda índole. Esto es especialmente válido tratándose de abastecimiento de agua potable para - las grandes poblaciones, por las hondas repercusiones sociales y económicas que representan.

La colindancia de los valles de Guadalajara y Toluquilla y su destino común, servir de asiento a la zona metropolitana, hacen inevitables las referencias y comparaciones entre ambos valles. De este modo se tendrá una pauta, un patrón, para medir las condiciones y los problemas que se presentarán en el - de Toluquilla por lo que actualmente ocurre en el de Guadalajara.

Para tener una idea de los problemas que confrontará la - ciudad al extenderse en el valle de Toluquilla, basta tener en cuenta que la cuenca del arroyo del Ahogado es de aproximadamente el doble que la del río de San Juan de Dios y que corres

ponde a su parte poniente 92 km<sup>2</sup> de la serranía del Colli con pendientes fuertes y en contraste con el resto que tiene una pendiente muy pequeña; en cambio en la actual zona urbana del valle de Guadalajara ocurren únicamente 26 km<sup>2</sup> de cuenca de la serranía del Colli y en general, todo el valle de Guadalajara tiene pendientes moderadas que facilitan los escurrimientos.



## CUADRO # 1

## EXPANSION FISICA DE LA ZONA METROPOLITANA

AÑO	GUADALAJARA	TLAQUEPAQUE	TONALA	ZAPOPAN	T O T A L
1940	20.71	0.74	0.30	0.37	22.12
1960	61.37	1.30	0.63	5.23	68.53
1970	92.90	5.00	1.43	27.43	126.76
1982	117.45	6.66	2.64	45.95	172.70
1985	122.64	10.58	9.08	58.45	200.75
1987	125.12	12.07	10.08	71.84	219.11

Datos en kms<sup>2</sup>.

Fuente: INEGI.

## II. CARACTERISTICAS DEL VALLE DE TOLUQUILLA

## II. CARACTERISTICAS FISICAS

### II.A. UBICACION GEOGRAFICA

El valle de Toluquilla está situado al sur del de Guadalajara y está limitado al oriente por el río Santiago, al poniente por la serranía del Colli, al norte por el valle de Guadalajara y por el sur por los de Cajititlán y la Calera.

Está ubicado entre los 20° 27' y 20° 40' de latitud norte y 103° 10' y 103° 32' de longitud oeste. Su extensión es de - 511 km<sup>2</sup> y sus dimensiones mayores son en el sentido sureste 36 km y en el noreste 18 km.

### II.B. OROGRAFIA

Este valle, como ya se dijo, colinda al norte con el de - Guadalajara y su parteaguas está formado por la serranía de Tonalá y los cerros del Cuatro, Santa María y el Gachupín; al poniente está limitado por la serranía del Colli, cuyos principales accidentes son la Mesa del Nejahuate y cerro de las Planillas, que alcanzan alturas de 2100 y 2250 m.s.n.m. respectivamente; al sur colinda con la cuenca de Cajititlán definiendo - su parteaguas los cerros de Tlajomulco y los lomeríos que tienen su mayor altura en el cerro del Sacramento; por la parte - oriental el valle está abierto y desciende suavemente hasta - las riberas del río Santiago.

La orografía de este valle se caracteriza porque sus partes altas, especialmente la poniente, están constituidas por - zonas montañosas con muy fuertes pendientes, la transición entre esta zona montañosa y el valle se efectúan abruptamente, - la pendiente del valle va disminuyendo gradualmente, rumbo al oriente, hasta alcanzar valores mínimos en la parte baja cerca del río Santiago.

De los 511 km<sup>2</sup> que se considera la superficie de la cuenca, 92 o sea el 18% corresponden a la zona montañosa que tiene fuertes pendientes contrastando con las cifras del valle de - Guadalajara, en el que se considera que la superficie del terreno montañoso con fuertes pendientes es de 26 km<sup>2</sup> o sea el - 8% de los 315 que comprende el valle.

## II.C. CLIMA

De acuerdo con la clasificación de Köppen, el clima puede considerarse templado con lluvias en verano.

De todos los factores que intervienen en el clima, es de especial interés, para el presente trabajo, lo relativo a la - precipitación:

Estaciones climatológicas dentro del valle existen únicamente dos, El Salto y la ubicada en el ITESO. De acuerdo con - las especificaciones, cada estación climatológica cubre eficientemente una superficie de 7 kms de radio, condición que en este caso no se cumple, pues la distancia entre ambas estaciones excede con mucho 14 kms, por lo tanto, para un estudio detallado de esta microregión se necesita la operación de mayor número de estaciones climatológicas.

### II.C.1. PRECIPITACION

Como ya se indicó existen únicamente dos estaciones encargadas de registrar las lluvias, razón por la cual para trazar las isoyetas se consideraron los datos obtenidos por estaciones situadas en la periferia como las de Atequiza, Guadalajara, Tlaquepaque y Huerta Vieja. En el Cuadro # 2 están registrados los datos de estas estaciones.

El examen de estos datos pone de manifiesto que la parte occidental del valle registra una mayor precipitación que la oriental, esta situación tiende a acentuarse, indudablemente, en la parte de la cuenca ubicada en la serranía del Colli, esto se explica considerando este incremento de precipitación como de tipo orográfico, que se produce cuando la masa de aire se ve obligada a ascender debido a la presencia de una barrera montañosa.

## II.D. HIDROGRAFIA

### II.D.1. CUENCAS

Una característica de gran importancia para el presente estudio es el de que la totalidad de los escurrimientos del valle desfogan por el cauce del arroyo del Ahogado, en contraste con lo que sucede en el valle de Guadalajara donde el 78% de los escurrimientos ocurren al río de San Juan de Dios y el 22% restante directamente al río Santiago a través de los arroyos de San Gaspar, Osorio, San Andrés y algunos otros de menor importancia.

La superficie del valle puede considerarse dividida en cuatro subcuencas; la parte occidental se drena por los arroyos de San Agustín y Santa Ana Tepetitlán; la porción noreste y central escurren a través del arroyo de las Pintas y la parte baja del valle lo ocupa la cuenca del Ahogado.

Las condiciones de las dos primeras subcuencas son prácticamente iguales; su parte alta está ubicada en la serranía del Colli, con montes altos de pinos, aunque con escasa densidad, tiene fuertes pendientes y su suelo es altamente poroso y deleznable siendo la erosión muy fuerte; las partes medias y bajas de estas subcuencas, tienen pendientes muy suaves y su capacidad de infiltración va disminuyendo siendo mayor en la parte media, cuyos suelos están constituidos por tobas.

CUADRO # 2  
PRECIPITACIONES PLUVIALES

AÑO	ATEQUIZA	GUADALAJARA	EL SALTO	TLAQUEPAQUE	HUERTA VIEJA
1951	728.8	1163.5	886.6		
1952	845.2	1084.5	1017.1	822.3	879.8
1953	835.3	967.4	1006.7	973.6	
1954	718.5	805.6	792.2		627.7
1955	886.5	869.7	652.9	758.7	1082.1
1956	688.6	942.9	872.1	864.3	866.3
1957	636.3	656.8	739.1		
1958	974.5	1297.1	975.9	913.4	1270.9
1959	776.2	912.9	991.3	1007.7	928.8
1960	907.4	835.4	837.1	785.8	785.7
1961	975.2	955.1	825.8	935.0	853.0
1962	861.5	957.5	844.3	905.1	793.6
1963	945.0	1101.4	836.9		813.4
1964	773.0	838.0	947.1		619.5
1965	1054.1	933.1	1131.0		962.9
1966	896.0	967.8	883.7		902.2
1967	1271.4	1181.0	1299.1		1061.8
1968	852.9	1008.7	973.7		900.9
1969	814.3	622.2	708.1		598.8
1970	919.9	1071.5	760.1		1085.3
1971	978.8	1045.1	989.1		988.9
1972	765.0	1015.0	792.9		739.9
1973	1203.0	1253.7	1031.0		1026.9
1974	785.7	1117.5	705.7		756.1
1975	847.8	1089.7	993.3		900.2
1976	874.0	869.2	817.4		
1977	934.7	1018.9			916.5
1978	921.4	1166.2			643.7
1979	556.7	899.3			

CUADRO # 2  
PRECIPITACIONES PLUVIALES

AÑO	ATEQUIZA	GUADALAJARA	EL SALTO	TLAQUEPAQUE	HUERTA VIEJA
1980	1063.1	1061.8			
1981	839.9	983.6			711.5
1982	688.2	1040.8			929.5
1983	847.0	1032.8			
1984	864.2	1086.3			
PROM.	868.5	995.6	896.5	885.1	870.99
MAXIMA	1271.4	1297.1	1299.1	1007.1	1270.9
MINIMA	556.7	622.2	652.9	758.7	598.8

La subcuenca de las Pintas es más bien alargada, en forma de "U", rodeando los lomeríos de El Salto, su parte alta no tiene muy fuertes pendientes ni infiltración comparable con las otras subcuencas. En la parte baja del valle todas las corrientes confluyen hacia el arroyo del Ahogado, el cual vierte sus aguas en el río Santiago.

Las áreas cubiertas por las subcuencas son las siguientes:

Santa Anita - San Agustín	230 km <sup>2</sup>
Santa Ana Tepetitlán	102
Las Pintas	132
Ahogado	<u>47</u>
	511 km <sup>2</sup>

De acuerdo con la topografía de las subcuencas y, de la ubicación del actual canal de Las Pintas y del que se proyecta en este estudio, las subcuencas mencionadas se desglosan así:

a) Cuenca de Santa Anita, hasta el canal en proyecto 106 km<sup>2</sup>, de los cuales 32 corresponden a zona montañosa y 74 a la plana, entre el canal proyectado y el de Las Pintas 89 km<sup>2</sup> y hasta el arroyo de Las Pintas 35 km<sup>2</sup>.

b) Cuenca de Santa Ana Tepetitlán, hasta en canal en proyecto 79 km<sup>2</sup> de los cuales 35 corresponden a la zona montañosa y 44 a la plana, entre el canal proyectado y el de Las Pintas 18 km<sup>2</sup> y hasta la desembocadura en el arroyo de Las Pintas 5 km<sup>2</sup>.

c) Cuenca del arroyo de Las Pintas, hasta el vaso del mismo nombre 83 km<sup>2</sup> y hasta el vaso del Ahogado 49 km<sup>2</sup>.

d) Cuenca del Ahogado, arroyo del Ahogado 47 km<sup>2</sup>



## II.D.2. CORRIENTES, MANANTIALES, ALMACENAMIENTOS Y ZONAS DE RIEGO

Los arroyos de San Agustín y Santa Ana Tepetitlán tiene - características comunes, se forman por los escurrimientos de - la serranía del Colli, la dirección de las corrientes es aproximadamente de poniente a oriente, en la parte alta sus cauces están perfectamente definidos, los cuales van desapareciendo - conforme avanzan hacia el oriente en terrenos cuya pendiente - es muy baja. La disminución de la capacidad de los cauces es - un claro indicio de la disminución de los escurrimientos debido principalmente a la infiltración; ambos son interceptados - por el canal de Las Pintas en el cual vierten sus aguas.

El arroyo de Las Pintas nace en las inmediaciones del rancho de La Punta, corre en dirección noroeste para torcer al poniente formando el vaso de Las Pintas, continúa con rumbo sureste hasta el vaso del Ahogado y continúa corriendo hacia el sureste para desembocar al río Santiago.

Manantiales: el más importante es el Toluquilla, ubicado al pie del cerro del Cuatro, su gasto se estima en 180 l.p.s., sería interesante investigar el área de recarga de este manantial cuya importancia puede equipararse con la de los manantiales de los Colomos en el valle de Guadalajara.

Almacenamiento. Los principales vasos de almacenamiento - son: El Cuervo con una capacidad de 4.4 millones de metros cúbicos, el Ahogado con 4.2, Las Rusias con 1.0, la Providencia con 0.85, El Cuatro con 0.5, Las Pintas con 0.45, y El Zapote con 0.12; además existen otros vasos de menor capacidad que se usan preferentemente como abrevaderos, algunos de los cuales - son los de San José y Santa Cruz del Valle, Arroyo de Enmedio, La Calerilla y La Concepción. De todos estos vasos, los de Las Pintas y El Zapote forman parte de la conducción de agua pota-

ble para Guadalajara, por lo que sus características y operación se describirán cuando en la infraestructura hidráulica se trate este tema.

El vaso del Ahogado tenía, originalmente, una capacidad de 9.5 millones de metros cúbicos, pero debido a la acumulación de azolves actualmente sólo tiene una capacidad de 4.2 millones, la superficie inundada es de aproximadamente 450 hectáreas y tal vez pueda considerarse que una superficie igual se utilice por drenaje deficiente, que el azolvamiento del vaso produce; la profundidad media del vaso es menor de 0.80 metros por lo cual un gran porcentaje debe perderse por la evaporación.

Zonas de riego. El área de riego de mayor importancia es el que utiliza las aguas de la presa del Ahogado, la superficie dominada por los canales es de 1146 hectáreas, pero ordinariamente se riegan, anualmente, alrededor de 900 ha y las aguas almacenadas en la presa del Cuatro se aprovechan en 300 ha. A la mayoría de las superficies se les proporciona únicamente riegos de auxilio y solamente en algunas pocas se siembran hortalizas. Es de esperarse que en la medida que la urbanización vaya creciendo estas superficies vayan disminuyendo, especialmente en lo que se refiere a Toluquilla y El Cuatro.

En la parte alta del valle, las superficies que se riegan son preferentemente pequeñas áreas de huertos que utilizan agua del subsuelo.

## II.E. HIDROLOGIA

### II.E.1. ESCURRIMIENTOS SUPERFICIALES

Se considera de especial interés la determinación siquiera aproximada de los volúmenes que escurren en el valle, debido a que su cuantía influye de un modo decisivo, tanto en los

problemas que se presentarán si no se prevee su adecuada eliminación de las zonas que se consideran críticas, como en la factibilidad de cualquier proyecto tendiente a utilizar esos mismos volúmenes.

No siendo objeto primordial del presente trabajo un estudio hidrológico detallado se tratará de obtener los datos suficientemente aproximados para el objeto que se busca, que es el de sugerir un programa de estudios para encontrar la solución a una serie de problemas y al mismo tiempo, obtener el aprovechamiento óptimo de los recursos naturales, especialmente los hidrológicos, de la zona bajo estudio.

Las condiciones hidrológicas actuales se irán modificando conforme avanza la urbanización, especialmente en lo que se refiere a escurrimiento e infiltración y estas condiciones solamente de un modo muy aproximado se pueden deducir.

Los cálculos hidrológicos que a continuación se esbozan no tienen otro objeto que el mostrar la viabilidad hidrológica de las soluciones propuestas.

No existiendo una medida directa de los volúmenes escurridos como sería el caso de que hubiese estaciones hidrométricas encargadas de aforarlos, éstos se pueden estimar de una manera aproximada teniendo en cuenta la circunstancia: De que gran parte de los escurrimientos del valle son captados por el canal de Las Pintas, por lo tanto, si en los meses correspondientes al período de lluvias, restamos los volúmenes bombeados por la planta No. 2 a los bombeados por la planta No. 1, tendremos los volúmenes de agua captados por el canal de Las Pintas. En los cuadros que a continuación se insertan están indicados los volúmenes mensuales bombeados en las plantas No. 1 y 2 del Sistema Río Santiago que abastece a Guadalajara.

## CUADRO # 3

## VOLUMENES BOMBEADOS POR LAS PLANTAS 1 Y 2

1971

M E S	PLANTA No. 1	PLANTA No. 2	DIFERENCIAS	
ENERO	8 755 200	8 549 640	205 560	
FEBRERO				
MARZO	9 136 800	9 100 080	36 720	
ABRIL	10 274 400	9 540 180	734 220	
MAYO	10 746 000	9 998 640	747 360	
JUNIO	7 516 800	8 777 160		1 260 360
JULIO	3 168 000	8 155 080		4 987 080
AGOSTO	3 427 200	8 414 280		4 987 080
SEPTIEMBRE	4 827 600	8 166 420		3 338 820
OCTUBRE	5 270 400	8 203 680		2 933 280
NOVIEMBRE	8 604 000	8 999 100		395 100
DICIEMBRE	8 686 800	8 756 100		69 300
TOTAL M3	24 210 000		1 723 860	17 971 020

1972

M E S	PLANTA No. 1	PLANTA No. 2	DIFERENCIAS	
ENERO	9 367 200	9 003 960	363 240	
FEBRERO	9 302 400	8 780 400	522 000	
MARZO	10 526 400	10 037 520	488 880	
ABRIL	10 940 400	9 961 380	979 020	
MAYO	11 566 800	10 536 480	1 030 020	
JUNIO	8 161 200	9 481 950		1 320 750
JULIO	5 752 800	9 576 000		3 823 200
AGOSTO	7 660 800	9 757 260		2 096 460
SEPTIEMBRE	6 822 000	9 310 950		2 488 950
OCTUBRE	10 159 200	9 954 900	204 300	
NOVIEMBRE	9 997 200	9 720 000	277 200	
DICIEMBRE	10 281 600	10 005 120	276 480	
TOTAL M3	38 556 000		4 141 440	9 729 360

1973

M E S	PLANTA No. 1	PLANTA No. 2	DIFERENCIAS	
ENERO	10 386 000	9 739 440	646 560	
FEBRERO	9 813 600	9 248 580	565 020	
MARZO	11 786 200	9 364 996	2 421 204	
ABRIL	11 800 800	11 354 580	446 220	
MAYO	12 397 000	12 034 980	362 020	
JUNIO	11 415 600	11 438 820		23 220
JULIO	7 743 600	11 003 040		3 259 440
AGOSTO	3 700 800	11 199 060		7 498 260
SEPTIEMBRE	4 052 000	10 787 580		6 735 580
OCTUBRE	7 840 800	11 147 544		3 306 744
NOVIEMBRE	10 288 800	9 678 204	610 596	
DICIEMBRE	11 599 200	4 975 020	6 624 180	
TOTAL M3	34 752 800		11 675 800	20 823 244

1974

M E S	PLANTA No. 1	PLANTA No. 2	DIFERENCIAS	
ENERO	11 764 800	4 713 660	7 051 140	
FEBRERO	9 676 800	4 153 680	5 523 120	
MARZO	12 741 120	5 241 780	7 499 340	
ABRIL	12 751 200	5 715 900	7 035 300	
MAYO	14 234 400	6 541 200	7 693 200	
JUNIO	11 203 200	5 496 300	5 706 900	
JULIO	5 198 400	5 117 400	81 000	
AGOSTO	8 550 000	11 571 660		3 021 660
SEPTIEMBRE	10 545 200	11 888 080		1 342 880
OCTUBRE	11 552 400	12 098 430		546 030
NOVIEMBRE	12 867 200	12 709 260	157 940	
DICIEMBRE	13 032 000	13 071 600		39 600
TOTAL M3	47 049 200		40 747 940	4 950 170

1975

M E S	PLANTA No. 1	PLANTA No. 2	DIFERENCIAS	
ENERO	12 461 760	10 020 780	2 440 980	
FEBRERO	12 009 600	11 540 780	468 820	
MARZO	14 007 000	13 650 120	356 880	
ABRIL	14 787 990	14 032 720	755 270	
MAYO	15 091 200	14 607 360	483 840	
JUNIO	12 952 800	13 127 760		174 960
JULIO	5 220 000	12 312 810		7 092 810
AGOSTO	3 715 200	10 914 750		7 199 550
SEPTIEMBRE	2 620 800	11 343 240		8 722 440
OCTUBRE	13 212 000	13 854 960		642 960
NOVIEMBRE	14 040 000	13 308 660	731 340	
DICIEMBRE	15 415 200	14 637 780	777 420	
TOTAL M3	37 720 800		6 014 550	23 832 720



1976

M E S	PLANTA No. 1	PLANTA No. 2	DIFERENCIAS	
ENERO	15 516 000	15 228 720	287 280	
FEBRERO	14 648 400	14 210 460	437 940	
MARZO	15 624 000	14 908 320	715 680	
ABRIL	15 555 600	14 407 020	1 148 580	
MAYO	17 985 600	17 280 900	704 700	
JUNIO	14 979 600	15 748 020		768 420
JULIO	11 725 200	14 664 420		2 939 220
AGOSTO	11 610 000	13 803 390		2 193 390
SEPTIEMBRE	7 063 200	13 419 540		6 356 340
OCTUBRE	14 389 200	14 370 300	18 900	
NOVIEMBRE	14 875 200	15 308 280		433 080
DICIEMBRE	13 910 400	14 431 230		520 830
TOTAL M3	59 767 200		3 313 080	13 211 280

1977

M E S	PLANTA No. 1	PLANTA No. 2	DIFERENCIAS	
ENERO				
FEBRERO				
MARZO				
ABRIL	15 501 000	16 587 000		1 086 000
MAYO	16 426 000	17 496 000		1 070 000
JUNIO	11 368 000	15 352 000		3 984 000
JULIO	8 762 000	15 656 000		6 894 000
AGOSTO	13 024 000	16 022 000		2 998 000
SEPTIEMBRE	8 777 000	15 152 000		6 375 000
OCTUBRE	14 303 000	16 247 000		1 944 000
NOVIEMBRE	13 796 000	15 522 000		1 726 000
DICIEMBRE	14 099 000	16 071 000		1 972 000
TOTAL M3	56 234 000			28 049 000

1978

M E S	PLANTA No. 1	PLANTA No. 2	DIFERENCIAS	
ENERO				
FEBRERO				
MARZO				
ABRIL	15 651 000	16 801 000		1 150 000
MAYO	15 627 000	16 802 000		1 175 000
JUNIO	13 881 000	16 383 000		2 502 000
JULIO	9 610 000	17 099 000		7 489 000
AGOSTO	11 465 000	16 483 000		5 018 000
SEPTIEMBRE	10 563 000	15 420 000		4 857 000
OCTUBRE	7 905 000	16 368 000		8 463 000
NOVIEMBRE	14 565 000	16 065 000		1 500 000
DICIEMBRE	15 890 000	15 609 000	281 000	
TOTAL M3	53 424 000		281 000	32 154 000

1979

M E S	PLANTA No. 1	PLANTA No. 2	DIFERENCIAS	
ENERO				
FEBRERO				
MARZO				
ABRIL	17 152 000	17 347 000		195 000
MAYO	17 868 000	18 211 000		343 000
JUNIO	14 223 000	17 020 000		2 797 000
JULIO	12 754 000	16 836 000		4 082 000
AGOSTO	12 043 000	17 273 000		5 230 000
SEPTIEMBRE	12 794 000	15 906 000		3 112 000
OCTUBRE	16 664 000	18 771 000		2 107 000
NOVIEMBRE	16 808 000	17 227 000		419 000
DICIEMBRE	15 443 000	16 890 000		1 447 000
TOTAL M3	68 478 000			19 732 000

1980

M E S	PLANTA No. 1	PLANTA No. 2	DIFERENCIAS	
ENERO				
FEBRERO				
MARZO				
ABRIL	17 807 000	18 010 000		203 000
MAYO	15 651 000	19 404 000		3 753 000
JUNIO	16 390 000	18 345 000		1 955 000
JULIO	12 922 000	17 174 000		4 252 000
AGOSTO	13 256 000	16 016 000		2 760 000
SEPTIEMBRE	10 688 000	15 585 000		4 897 000
OCTUBRE	15 364 000	16 970 000		1 606 000
NOVIEMBRE	13 358 000	16 253 000		2 895 000
DICIEMBRE	15 641 000	17 030 000		1 389 000
TOTAL M3	68 620 000			23 710 000

1981

M E S	PLANTA No. 1	PLANTA No. 2	DIFERENCIAS	
ENERO				
FEBRERO				
MARZO				
ABRIL	17 466 000	17 844 000		378 000
MAYO	18 556 000	18 267 000	289 000	
JUNIO	16 064 000	17 694 000		1 630 000
JULIO	10 102 000	17 608 000		7 506 000
AGOSTO	15 562 000	18 031 000		2 469 000
SEPTIEMBRE	13 344 000	17 326 000		3 982 000
OCTUBRE	16 681 000	19 207 000		2 526 000
NOVIEMBRE	15 836 000	18 656 000		2 820 000
DICIEMBRE	16 900 000	18 417 000		1 517 000
TOTAL M3	71 753 000		289 000	22 828 000

1982

M E S	PLANTA No. 1	PLANTA No. 2	DIFERENCIAS	
ENERO				
FEBRERO				
MARZO				
ABRIL	17 115 000	17 965 000		850 000
MAYO	18 950 000	19 309 000		359 000
JUNIO	16 388 000	17 868 000		1 480 000
JULIO	11 695 000	17 507 000		5 812 000
AGOSTO	11 293 000	18 154 000		6 861 000
SEPTIEMBRE	13 582 000	17 433 000		3 851 000
OCTUBRE	15 636 000	16 568 000		932 000
NOVIEMBRE	16 329 000	15 733 000	596 000	
DICIEMBRE	14 142 000	16 513 000		2 371 000
TOTAL M3	68 594 000		596 000	22 516 000

## VOLUMENES INTERCEPTADOS POR EL CANAL DE LAS PINTAS (EN m3)

1971	17 971 020
1972	9 729 360
1973	20 823 244
1974	4 950 170
1975	23 832 720
1976	13 211 280
1977	28 049 000
1978	32 154 000
1979	19 732 000
1980	23 710 000
1981	22 828 000
1982	22 516 000

P.L.A.T. 1968.



Se puede ver que ordinariamente de noviembre a mayo la - planta No. 1 bombea volúmenes superiores a los de la No. 2, - las diferencias que están contabilizadas en la columna 3 deben atribuirse a pérdidas de conducción y evaporación, y no presentan grandes variaciones anuales; de junio a octubre la planta No. 2 bombea volúmenes superiores a los de la No. 1 las dife--rencias están contabilizadas en la columna 4, esta diferencia deben atribuirse a los escurrimientos de la parte del valle de Toluquilla, interceptados por el canal de las Pintas y su cuantía varía notablemente de acuerdo con la intensidad de las precipitaciones. En el mismo cuadro se indican la totalidad de - los volúmenes bombeados por la planta No. 1 en los meses de junio a octubre, estos volúmenes nos indican el déficit del va--lle para abastecer completamente la planta No. 2 en la temporada lluviosa. (Para mayor comprensión de lo anterior debe leerse en la parte de la infraestructura hidráulica, la parte co--rrespondiente al sistema de conducción de agua potable para - Guadalajara).

Una vez estimados los volúmenes totales escurridos en la cuenca, se trata de desglosar esos volúmenes por zonas, teniendo en cuenta especialmente la intensidad de la precipitación, la pendiente del terreno y la permeabilidad del mismo. En esas condiciones la zona occidental de la cuenca, la que ocupa la - serranía del Colli, es indudablemente la que tiene un coefi --ciente de escurrimientos mayor, debido a dos factores, mayor - precipitación y pendientes muy fuertes, aunque la capacidad de infiltración es también fuerte. La parte alta de la cuenca del arroyo de Las Pintas podrá tener también un coeficiente fuerte debido a sus pendientes moderadas pero que se compensa con su poca permeabilidad, que puede considerarse la menor de la cuenca.

La parte plana de la cuenca, para fines de escurrimiento,

puede dividirse en dos partes, la ubicada entre el pie de la serranía del Colli y la vía férrea a Manzanillo cuyo suelo formado por tobas desintegradas es, probablemente, el más permeable de la cuenca y por consiguiente, la infiltración es grande. La disminución progresiva de la capacidad de los cauces es un claro indicio de la disminución de los escurrimientos debido principalmente a la infiltración. La parte baja de la cuenca formada por suelos aluviales tienen una permeabilidad menor y por consiguiente, el coeficiente de escurrimiento es mayor.

La determinación de los escurrimientos totales anuales es de interés cuando se quiere conocer el volumen disponible para utilizarse ya sea en riego, agua potable o generación de energía, pero en este caso es tal vez más importante conocer los volúmenes instantáneos que escurren debido a una precipitación determinada, esto sirve de base para el diseño de drenaje y la prevención de inundaciones.

Para la determinación del gasto máximo instantáneo se utilizó la fórmula semiempírica de Mac Math, que es la que utilizó el S.I.A.P.A. para calcular los escurrimientos en el valle de Guadalajara, la fórmula es como sigue:

$$Q = 0.028 KIS A$$

Q Gasto en metros cúbicos por segundo

K Coeficiente de escurrimiento

S Pendiente gobernadora en unidad al millar

I Intensidad de la precipitación en centímetros por hora

A Area de la cuenca en hectáreas.

Para los valores de K e I se utilizaron los mismos que para el valle de Guadalajara o sea K para condiciones de zonas sin construir de 0.10 y de 5.0 cms la intensidad de la precipitación por hora.

Para la determinación de las pendientes gobernadoras se dividió el valle en 8 partes, siguiendo como criterio para trazar sus límites, el que cada parte no presente grandes variaciones en lo que se refiere a pendientes, así una porción comprende la región montañosa del poniente teniendo como límites al oeste el parteaguas del valle y al este la curva de nivel 1750, otra porción abarca la parte plana del valle situada al poniente de la vía del ferrocarril a Manzanillo, una tercera parte comprende la zona montañosa situada al norte del valle donde se ubica el cerro del Cuatro, el de Santa María y el Gachupín y se tomó como límite sur el Periférico, la cuarta parte se delimitó al sur del valle entre la curva de nivel 1600 y el parteaguas sur formado por los cerros de las Latillas, la siguiente porción comprende la cuenca del arroyo de las Pintas hasta el vaso del mismo nombre, con el espacio limitado por la vía del ferrocarril a Irapuato y la carretera a El Salto se formó otra parte con objeto de determinar su pendiente, las dos porciones restantes comprenden la parte baja del valle limitada al sur por la curva de nivel 1550 y entre esta curva de nivel y el parteaguas sur del valle.

En el mapa No. 3 están marcadas las divisiones arriba mencionada con base a estas divisiones y siguiendo el método de Horton se determinaron las pendientes. En el anexo No. 1 se encuentra el detalle del procedimiento y del cálculo así como los resultados, de los cuales solamente daremos aquí los datos finales.

Las pendientes más fuertes se localizan al oeste y suroeste donde alcanzan valores de 0.215 y 0.209 respectivamente, los valores mínimos se registran al centro oriente con valores de 0.008. Estas pendientes así como las superficies de cada parte están indicadas en el mapa No. 3 con estos datos se calculan los gastos instantáneos como sigue:

La variable en cada subcuenca son su área y su pendiente - por lo tanto la fórmula general se reduce a:

$$Q = 0.028 \times 0.10 \times 55 A = 0.014 SA$$

VALORES DE LAS SUBCUENCAS:

$Q_1$	=	0.014	x	0.215	x	5700	=	17.157
$Q_2$	=	0.014	x	0.0133	x	13725	=	2.555
$Q_3$	=	0.014	x	0.209	x	1725	=	5.047
$Q_4$	=	0.014	x	0.065	x	1450	=	1.319
$Q_5$	=	0.014	x	0.041	x	8250	=	4.735
$Q_6$	=	0.014	x	0.038	x	3075	=	1.635
$Q_7$	=	0.014	x	0.008	x	13875	=	1.553
$Q_8$	=	0.014	x	0.057	x	3300	=	2.633

De las superficies consideradas, cuencas en el sentido estricto, cuyos escurrimientos concurren a un cauce único, solamente se pueden considerar la número 1 con gasto de 17 m<sup>3</sup>/seg., que sería el volumen que captaría el actual Canal de Las Pintas si se considera que la capacidad de este canal sea de 9 m<sup>3</sup>/seg. se confirma lo asentado anteriormente respecto de la incapacidad de este canal, para interceptar todos los volúmenes que escurren en la parte alta del valle. También las superficies números 5 y 7 corresponden a cuencas completas, las de Las Pintas y el Ahogado respectivamente, cabe hacer notar que estas cuencas tienen los vasos del mismo nombre que sirven como reguladores.

Volúmenes utilizados. Debido a las características de los suelos que componen el valle gran parte de los volúmenes que llueven sirven para recargar los acuíferos, los cuales, especialmente en la parte media del valle, están sometidos a una intensa explotación, como puede comprobarse con el gran número de norias y pozos que están en servicio. En las cartas del DETENAL

aparecen 240 norias y 30 pozos profundos con los que según la misma fuente se riegan aproximadamente 100 hectáreas con cultivos permanentes y 1100 con riego precario. (Datos según DETE -- NAL).

De los escurrimientos, una gran parte se utiliza para alimentar la planta de bombas No. 2 del sistema de conducción de agua potable para Guadalajara, ya sea captándolos directamente por medio del canal de Las Pintas, ya sea a través del arroyo de Las Pintas para conducirlos al vaso del mismo nombre. La cuenca de la cual el canal de Las Pintas capta escurrimientos es de 300 km<sup>2</sup> y la correspondiente al arroyo de Las Pintas es de 78 km<sup>2</sup>. En el Cuadro No. 3 están indicados estos volúmenes.

Para usos agrícolas se utilizan las aguas almacenadas en los vasos del Ahogado, del Cuatro y Las Pintas y de los manantiales de Toluquilla.

Inundaciones. Inundaciones propiamente hablando se presentan en el valle únicamente en su parte más baja, la que colinda con el río Santiago, el cual cuando lleva un gasto superior a 90 m<sup>3</sup>/seg. se sale de su cauce inundando los terrenos circunvecinos (1), además cuando esto ocurre no es posible la libre descarga de las aguas del arroyo del Ahogado, lo que a su vez provoca mayores inundaciones. En este aspecto este valle también se encuentra en condiciones más desfavorables que el de Guadalajara, en donde sus cauces colectivos descargan libremente sobre la barranca del río Santiago.

(1) Esto se debe especialmente a la poca pendiente que tiene el cauce desde las compuertas de Poncitlán hasta El Salto, agravado por la reducción de esa pendiente que experimenta debido al dique construido por la C.F.E. inmediatamente aguas arriba de El Salto de Juanacatlán y que sirve para derivar las aguas del río Santiago a la planta de El Salto.

Deficiencias de drenaje se presentan en la parte media del valle debido a la insuficiencia o ausencia de los cauces, debido a la influencia combinada de escasa pendiente y a la abundancia de azolves, lo que ocasiona que estos se depositen en los cauces al disminuir la velocidad debido a la poca pendiente y se presentan también en las cercanías del vaso del Ahogado debido a la influencia de este vaso y a la poca pendiente de los terrenos circunvecinos. Se estima en 450 hectáreas las situadas alrededor del vaso del Ahogado que están actualmente inutilizadas debido a las causas mencionadas.

## II.F. INFRAESTRUCTURA

### II.F.1. INFRAESTRUCTURA HIDRAULICA

La infraestructura hidráulica más importante es el canal de Las Pintas, la planta de bombas No. 2 y el canal del Cerro del Cuatro que forman parte de la conducción de lo que se denomina Sistema Río Santiago, que sirve para surtir de agua almacenada en el lago de Chapala a la planta de tratamiento de la ciudad de Guadalajara y el sistema de pozos profundos Santa Ma. de Tequepexpan.

Para poder comprender el funcionamiento de la parte de este sistema ubicado en el valle de Toluquilla, se necesita describir la totalidad del sistema de conducción, el cual consta:

a) Derivadora Corona, ubicada sobre el río Santiago, sirve para derivar sus aguas al canal de Atequiza.

b) Canal de Atequiza, comprende de la presa Corona a la presa de La Calera tiene una longitud de 24 kms y una capacidad de 8 m<sup>3</sup>/seg.

c) Presa de La Calera; recibe las aguas del canal de Atequiza, tiene una capacidad total de 550 000 m<sup>3</sup> y -  
útil de 300 000. Su misión es guardar y regular los caudales -  
aportados por el canal de Las Pintas.

d) Planta de bombeo No. 1; sirve para elevar en 28 metros las aguas de la presa de La Calera y descargarlas en el canal de Las Pintas. Su capacidad es de 10 m<sup>3</sup>/seg.

e) Canal de Las Pintas; sirve para conducir las aguas de la salida de la planta de bombeo No. 1 a la planta de bombeo No. 2. Se divide en dos tramos, el primero de 10 kms de longitud va de la planta de bombas No. 1 al vaso del Zapote, -  
tiene una capacidad de 9 m<sup>3</sup>/seg.

Presa del Zapote, con una capacidad total de 120 000 m<sup>3</sup>. Su misión consiste en retener los caudales que bombea de más -  
la Planta No. 1, con relación a la demanda de la Planta No. 2, o bien, abastecer la demanda de la Planta No. 2 cuando La Plan  
ta No. 1 no entrega el volumen solicitado, lo que permite una mayor flexibilidad en la operación del sistema.

El segundo tramo, del canal de Las Pintas, va de la presa del Zapote a la de Las Pintas, su longitud es de 15 kms y su -  
capacidad es variable, al principio es de 9 m<sup>3</sup>/seg. y va dismi  
nuyendo hasta 6 m<sup>3</sup>/seg.

f) Vaso de Las Pintas; tiene una capacidad útil de 350 000 m<sup>3</sup> y total de 450 000 y cumple dos cometidos:

1. Regular los excedentes que pueden producirse al -  
operar la planta de bombas No. 2 y

2. Sedimentar una parte importante de la materia s6-

lida en suspensión que acarrea los caudales proporcionados por el canal de Las Pintas, con objeto de reducir el tratamiento físico del agua en la planta de tratamiento. Las aguas almacenadas en esta presa, a requerimiento de la planta de bombeo No. 2 salen por un canal de 450 metros de longitud y 10 m<sup>3</sup> de capacidad y desembocan en el cárcamo de succión de dicha planta.

g) Planta de bombas No. 2; sirve para elevar 55 metros los volúmenes proporcionados por el vaso de Las Pintas y descargarlos en el canal del Cerro del Cuatro, su capacidad es de 7 m<sup>3</sup>/seg.

h) Canal del Cerro del Cuatro conduce las aguas de la planta de bombeo No. 2 a la planta de tratamiento, tiene una longitud de 3 kilómetros y una capacidad de 9 m<sup>3</sup>/seg.

De la descripción anterior se desprende que la planta de bombeo No. 1 sirve para elevar los volúmenes de agua necesarios de la zona de La Calera al valle de Toluquilla, por lo tanto en este valle están ubicados, el canal de Las Pintas, los vasos del Zapote y Las Pintas, La Planta de Bombeo No. 2 y el canal del Cerro del Cuatro. En el mapa No. 4 está representando la totalidad del sistema de conducción del río Santiago para abastecimiento de agua potable para Guadalajara.

#### Sistema de pozos profundos Santa María de Tequexpan.

Para mejorar el abastecimiento de agua potable a la zona metropolitana en la zona ubicada entre Santa María Tequexpan y San Sebastián, se perforaron 20 pozos a profundidades de aproximadamente 300 m, de los cuales se extraen 1 460 litros por segundo, los volúmenes de agua así obtenidos sirven, para abastecer la porción suroeste de Guadalajara. Estos pozos se perforaron a esa profundidad, con el objeto de no afectar los acuíferos menos profundos que se utilizan con fines agrícolas.



## INFRAESTRUCTURA URBANA

Está constituido por fraccionamientos, colonias populares y asentamientos irregulares, además dentro del valle existen poblaciones antiguas.

Los fraccionamientos como Las Fuentes, Bugambilias, Santa Anita, El Fortín, El Palomar, Club de Golf Atlas y parte de las colonias de las Aguilas tienen una urbanización adecuada y dotación de servicios eficientes. Las colonias populares tienen una incipiente urbanización y servicios mas o menos ineficientes, las condiciones más desfavorables se encuentran en asentamientos irregulares, especialmente en zonas ejidales donde legalmente no se puede dotar de servicios.

Las antiguas poblaciones como: El Salto, Santa Anita, tienen una traza definida y servicios mas o menos adecuados, aunque ambas trazas y servicios distorsionados por el rápido crecimiento que generalmente están experimentando.

## INFRAESTRUCTURA INDUSTRIAL

Las instalaciones industriales se concentran principalmente en dos zonas, en los alrededores del centro donde se ubica Guanos y Fertilizantes, Incalpa y otras y en la zona del Castillo donde se encuentran CYDSA, Allen, Químicoa, Goodrich, Fármacos, Penwalt, Nacional de Dulces, Aralmex, Fundaciones Industriales, IBM de México, Industrias Petroquímicas, Acero Industrial de México, Sosa Caústica, Aceitera El Salto y algunas otras más pequeñas, además en la población de El Salto existen una de las antiguas industrias de Jalisco, la fábrica de Hilados Nacional Textil.

## II.F.2. COMUNICACIONES

El valle está atravesado por las principales vías de comunicación que convergen hacia la ciudad de Guadalajara. Así dentro de este valle se ubican 15.3 kms del Periférico, de los cuales 2.7 kms corresponden al tramo de carretera Nogales carretera a Morelia y 12.6 kms al tramo carretera Morelia carretera a Chapala y se tiene en proyecto la construcción de 9.0 kms, que corresponden al tramo carretera a Chapala carretera a Los Altos.

Además las carreteras a Morelia, Chapala y Los Altos atraviesan el valle con longitudes de 13.0, 17.1 y 10.0 kms respectivamente. Existen también los ramales de la carretera a Chapala El Salto con 10 y de El Castillo a Las Pintas con 12 kms. - y el camino sin concluir del Periférico a San Isidro Mazatepec. Un indicio de la importancia de las vías de comunicación arriba enumeradas son los aforos de vehículos diarios, que fueron en - 1976 de 4000 y 14500, en los tramos Guadalajara Zapotlanejo y - Guadalajara Santa Rosa (Chapala) respectivamente.

Vías férreas. Existen las que van a Irapuato y Manzanillo con 20 y 17 kms respectivamente.

Los siguientes son datos estadísticos relativos a estos - dos ramales:

VIAS	NO. TRENES/DIA		NO. CARROS	
	PASAJEROS	CARGA	ENTRADAS	SALIDAS
Guadalajara Irapuato	3	8	20 489	9 548
Guadalajara Manzanillo	2	7	12 654	3 650

Existe el proyecto para construir el libramiento ferroviario Tlajomulco-El Castillo para unir la vía a Manzanillo con la

que va a Irapuato y se ubicaría casi en su totalidad dentro de este valle. Su construcción representaría un fuerte impulso a la zona industrial de El Salto.

En el valle bajo estudio, únicamente se encuentra una estación del tren ligero, la de "Periférico Sur" y el tramo del mismo tren ubicado dentro del valle es de sólo 650 m aproximadamente. Sin embargo el tren ligero está llamado a tener gran influencia en el desarrollo de la urbanización de la zona ubicada en las cercanías del poblado de Santa María Tequepexpan - que ya actualmente está creciendo rápidamente.

Dentro del valle de Toluquilla se encuentra ubicado el - aeropuerto Internacional "Miguel Hidalgo", ubicado en el kilómetro 17 de la carretera Guadalajara-Chapala.

El aeropuerto tiene dos pistas; una principal de 4 kms de longitud y otra secundaria de 1.77 kms de longitud. La pista - principal tiene capacidad para operar 20 vuelos por hora.

Este aeropuerto tiene el inconveniente de estar situado en un valle en el cual es muy frecuente la incidencia de niebla - especialmente por las mañanas.

A futuro también pueden presentarse inconvenientes si la zona metropolitana continúa extendiéndose siguiendo la carretera Guadalajara-Chapala.

### III. CRECIMIENTO DEL AREA URBANA

El estudio está basado en la hipótesis del crecimiento de la zona urbana dentro del valle. Este crecimiento puede considerarse que se verifica debido principalmente a dos causas:

1a. Incremento de las zonas actualmente ocupadas por núcleos de población ya establecidos.

2a. El crecimiento del área urbana de Guadalajara - dentro del valle siguiendo, principalmente, las vías de comunicación radial que salen de la misma ciudad, así se tiene que - el crecimiento ha seguido los ejes de las carreteras a Morelia a Chapala y a Los Altos.

De estos dos factores, indudablemente, el de mayor importancia en el futuro será el segundo, pues como ya se indicó en la introducción, es de preverse que es un futuro más o menos - próximo al área urbana de Guadalajara, al agotar las posibilidades de extenderse por el oriente y norte, tratará de hacerlo hacia el sur y sureste.

Para computar el crecimiento de las áreas urbanas, se - adoptó el criterio de considerarlo proporcional al crecimiento demográfico, supuesto que un estudio detallado del crecimiento de la planta física de la ciudad de Guadalajara está fuera de mis posibilidades, además de las poblaciones que no están comprendidas en la zona metropolitana, sería sumamente difícil obtener datos fidedignos. En cambio, el crecimiento demográfico, es más fácil de obtener y de mayor exactitud con los datos cen- sales que se tienen cada diez años.

En el cuadro No. 4 están registrados los aumentos de población de los núcleos urbanos ubicados en el valle. Para tener una idea aproximada de su futuro crecimiento demográfico - se puede extrapolar los datos de población correspondientes a

CUADRO # 4  
CRECIMIENTO DEMOGRAFICO

	1950	1960	%	1970	%	1980	%
AGUA BLANCA						466	
ALCANTARILLA						27	
ANA TEPETITLAN SANTA	1 891	2 312	2.0	3 536	4.3	5 925	5.3
ANIMAS						60	
ANITA SANTA	2 699	4 807	5.9	7 069	3.9	8 228	1.5
ARROYO DE ENMEDIO	70	153	8.0	391	9.8	411	0.5
AZUCENA LA						12	
BOMBAS LAS						8	
BUGAMBILIAS						40	
CALERILLA	157			249		340	3.2
CAMPO DE GOLF ATLAS						2	
CASILLAS NICOLAS R.	1 626	2 208	3.1	4 975	8.5	6 625	2.9
CASTILLO EL						1 748	
CLUB DE GOLF SANTA ANITA						499	
CONCEPCION DEL VALLE	377	428	1.3	488	1.3	503	0.3
CRUZ DEL VALLE SANTA	750	913	2.0	2 041	8.4	2 406	1.7
CUATRO EL	40	148	14	986	20.9		
FUENTES		767		1 304	5.5		
GAVILANES LOS	25	619	37.8	899	3.8	796	-1.2
JOSE DEL VALLE SAN	127	61	-7.0	34	5.6	6	

CUADRO # 4  
CRECIMIENTO DEMOGRAFICO

	1950	1960	%	1970	%	1980	%
JUNTAS LAS							
LADRILLERA LA						342	
LADRILLERA LA						182	
LADRILLERA LA	751	702	-0.6	501	-3.3	3 572	22.0
LINDAVISTA						94	
LOPEZ COTILLA MANUEL				2 233		2 769	2.2
MARIA TEQUEPEXPAN	622	836	3.0	1 764	7.8	2 095	6.5
MARTIN DE LAS FLORES SAN	3 399	3 752	1.0	6 274	5.3	8 268	2.8
MIRADOR EL						9	
EL MUELLE						175	
PALO DULCE						14	
PEDRITO SAN				4 465		12 371	10.7
PINOS LOS						128	
LAS PINTAS DE ABAJO	148	98	-4.0	2 259	36.8	2 769	2.0
PINTITAS				959		2 420	9.7
PINTA LA				496		590	1.8
RIVERA						5	
SABION						5	
SALTO EL						9 620	
SAN SEBASTIAN EL GRANDE	1 422	2 135	4.2	3 271	4.4	4 616	3.5
SAN SEBASTIANITO	387	590	4.3	820	3.3	1 354	6.1

CUADRO # 4  
CRECIMIENTO DEMOGRAFICO

	1950	1960	%	1970	%	1980	%
TATEPOSCO SAN JOSE	609	570	-0.7	1 498	10.1	1 085	
TERRERO						359	
TIJERA LA						270	
TOLUQUILLA	1 112	1 576	3.5	1 852	1.6	3 677	7.1
UNION DEL CUATRO	176	297	5.3	385	2.6	581	4.2
VERDE SAN JOSE DEL						595	
VERDE EL						512	
ZAPOTE DEL VALLE	354	1 173	12.7	1 479	2.3	1 646	1.1
	16 742	24 145	5.04	50 228	7.14	88 225	4.47



los años 1950, 1960, 1970 y 1980 y se tendrá la probable población para los años venideros.

Para calcular los futuros aumentos de población se considera que esta sigue las leyes de capitalización de interés compuesto, en el que el monto total de población equivale al capital impuesto y el incremento anual de población al interés, - así se puede aplicar la fórmula.

$$P_n = P (1 + i)^n$$

P Población en un año dado

P<sub>n</sub> Población n años después

i Incremento anual de población

Como los datos de que ordinariamente se disponen son los censales, con un intervalo de 10 años, n es ordinariamente - igual a 10 y además se conocen con el mismo censo P y P<sub>n</sub> y se trata de conocer i o sea la tasa de crecimiento  $i = \sqrt[n]{\frac{P+P_n - 1}{P_n}}$

conociendo esta tasa se puede extrapolar linealmente para tener las poblaciones probables para los años requeridos. En el caso bajo estudio se proyectó la población del valle para los años 1980, 1990 y 2000 a partir de la tasa encontrada.

Partiendo de la población del valle registrada en los censos de 1960 y 1970, 26 901 y 50 995 respectivamente, se tiene que la tasa de crecimiento es de  $i = 0.066$ ; con esta tasa de crecimiento y con la población de 1970 se calcula las poblaciones de 1980, 1990 y 2000 que serían de 96,627 183,092 346,045 respectivamente.

Este procedimiento, tiene desde luego sus grandes limitaciones que requiere para poderse emplear válidamente, de un -

buen criterio para evaluar las condiciones circunstanciales de cada poblado que pueden afectar la correcta aplicación de este método, así debe tenerse en cuenta las posibles subdivisiones - de las circunscripciones censales o los inusitados crecimientos debido a circunstancias extraordinarias, que indudablemente no se mantendrían constante o también errores en el levantamiento del censo.

Como prueba de lo anterior se tienen los casos de las poblaciones de Las Juntas y Las Pintas que registran un índice de crecimiento negativo, que indudablemente no corresponde a la - realidad y el poblado del Cuatro que registra un crecimiento - inusitado, que tampoco es lógico pensar que se pueda sostener. Es por lo anterior que la población que se proyectó para los - años de 1980, 1990 y 2000 solamente considerando la población - total de valle y no las poblaciones consideradas aisladamente, este último caso conduciría a evidentes absurdos.

Una comparación de las tasas de crecimiento que aparecen - en el cuadro parece indicar la gran influencia que la facilidad de comunicación ejerce sobre el crecimiento de los núcleos sub-urbanos, así se tiene que las tasas más altas se registran en - poblados como El Cuatro, que tiene servicio de transporte urba- nos o cuando están situados al borde de carreteras como en el - caso de Tateposco, Arroyo de Enmedio y Nicolás R. Casillas, en cambio San José del Valle, Concepción del Valle y el Zapote to- dos ellos situados en la parte suroeste del valle y fuera de - las principales vías de comunicación, registran las tasas más - bajas.

El crecimiento de la parte comprendida en la zona metropo- litana es más difícil de estimar, pues es prácticamente imprevi- sible su crecimiento, lo que sí puede estimarse, de un modo - aproximado, cuando el valle de Guadalajara esté saturado y la -

población se volcará, inevitablemente, sobre el valle de Toluquilla (1); teniendo en cuenta los siguientes datos: el crecimiento demográfico en la zona metropolitana es de 5.5% anual, el área urbanizada era en 1973 de 130 km<sup>2</sup>, en 1982 172 km<sup>2</sup> y en 1987 200 km<sup>2</sup>, estimadamente la superficie del valle de Guadalajara es de 315 km<sup>2</sup>, por lo tanto se tendrá en las condiciones actuales, como fecha límite para alcanzar la completa saturación del valle de Guadalajara, alrededor del año 2000, (notar que no todo el crecimiento de la zona metropolitana se ubica en el valle de Guadalajara).

(1) Tomando como base los datos del Patronato de Agua, que considera que para el año de 1985 una población para la zona metropolitana de 3 087 030 habitantes y una tasa anual de crecimiento de 5.5%, se tendría para los años de 1990 y 2000 las poblaciones de 4 034 750 y 6 893 250 habitantes respectivamente.

Suponiendo que para el año 2000 la densidad de población haya llegado a ser de 200 habitantes por hectárea, se tendrá - que estará ocupada la totalidad del valle de Guadalajara.

#### IV. PROBLEMATICA

Trataremos únicamente aquellos temas que se relacionen directamente con los aspectos hidrológicos.

#### IV.A. EFECTOS DE LA EXTENSION DEL AREA URBANA EN LAS CARACTE-- RISTICAS FISICAS.

La urbanización produce grandes modificaciones en la ecología de las zonas donde se verifica, para el objeto considero únicamente tres aspectos: clima, escurrimientos pluviales y - contaminación.

Está comprobado que las grandes concentraciones urbanas - traen consigo perturbaciones climáticas, especialmente aumento de temperatura ambiente y contaminación de la atmósfera, lo - que provoca un sensible aumento de las precipitaciones las cuales muestran un marcado desnivel con respecto de las zonas circunvvecinas. (1)

El metereólogo Ernesto Jáuregui en su trabajo titulado - "Mesomicroclima de la ciudad de México" editado por el Instituto de Geografía de la UNAM en 1971, asienta lo siguiente:

"Con la construcción del tejido urbano se destruyen los - microclimas existentes para crear otros nuevos. Las características térmicas de la ciudad contrastan con las de las áreas rurales que las circundan.

Las áreas citadinas con sus masas compactas de casas, edificios, fábricas y calles constituyen una interrupción marcada de la configuración natural.

Los cambios en la configuración superficial son suficien-

(1) Revista Recursos Hidráulicos. Febrero de 1974.

tes para producir una modificación de los elementos climatológicos, pero más significativos son los resultados de la actividad comercial e industrial que caracteriza a las grandes ciudades. Los procesos de combustión y otros procesos transformadores de la energía hacen de la ciudad un generador de calor de gran magnitud. Estos procesos van acompañados por una producción considerable de partículas de humo y polvo, que envuelven la ciudad y alteran el equilibrio de radiación de su clima. No sólo se influye el equilibrio de radiación sino también otros elementos climatológicos como la temperatura, la humedad, el viento y la precipitación. De aquí que realmente las grandes concentraciones urbanas, constituyan verdaderas "Islas climáticas" dentro de la región donde están ubicadas".

En la zona circunvecina a la ciudad de Guadalajara no se cuenta con el suficiente número de estaciones meteorológicas - como para poder definir esta isla, sin embargo, hay hechos significativos como son:

10. De acuerdo con informaciones proporcionados por la Dirección del Instituto de Astronomía y Meteorología de la Universidad de Guadalajara con fecha noviembre de 1976: "debido a múltiples causas como son el desarrollo urbano, la escasez de áreas verdes, los millares de automóviles y autobuses, las grandes superficies pavimentadas y la contaminación ambiental; las temperaturas medias dentro del área metropolitana de Guadalajara se ha visto incrementadas en los últimos diez años en 1.1 grados centígrados. Se ha podido comprobar a través de estadísticas meteorológicas, que en los últimos diez años en los meses de noviembre, diciembre y enero la temperatura ha variado, de ser tradicionalmente en promedio de 15.2° a 16.3°".

Si se comparan los datos del cuadro que registra las precipitaciones medias anuales, claramente se ve que la estación

Guadalajara registra las precipitaciones más fuertes, seguida por la de Tlaquepaque, esto se explica si se tiene en cuenta que la llamada precipitación por convección se origina por el levantamiento de masa de aire más ligero y cálido, al encontrarse con masas de aire densas y frías, al irse elevando dichas masas de aire se expanden y se enfrían dinámicamente originando la condensación y la precipitación. Relacionando el origen de las lluvias convectivas con lo relativo a la elevación de temperatura se tiene el motivo.

En el caso particular del valle de Toluquilla, las lluvias en su parte poniente también estarían influenciadas, además, por el levantamiento topográfico que constituye la serranía de El Colli.

En el Cuadro # 5 están indicadas las precipitaciones pluviales de la ciudad de Guadalajara de 1981 a 1984, ahí se puede ver claramente el incremento que han tenido las precipitaciones en los últimos quince años, para mayor claridad se tomaron los promedios cada cinco años y así se ve que en los últimos quince años el promedio no bajó de 1000 mm, cosa que nunca sucedió en los 89 años anteriores.

#### IV.B. INFLUENCIA EN LOS ESCURRIMIENTOS Y SUS CONSECUENCIAS

Varios son los factores con que la urbanización interviene en los escurrimientos, en primer lugar se tiene el aumento en el monto de la precipitación, como ya se observó en el párrafo anterior; en segundo lugar la impermeabilización del suelo, debido a pavimentos y construcciones, lo cual trae como consecuencia que al no haber casi infiltración, los volúmenes tanto instantáneos como totales anuales, aumentarán considerablemente. Para tener una idea del incremento que experimenta el escurrimiento en función del grado de urbanización: a conti

nuación se inserta la tabla de coeficientes de escurrimiento - que usó el Departamento de Obras Públicas del Estado para el - cálculo de los colectores de Guadalajara:

Zona comercial de alto valor	0.70
Zona comercial de valor medio	0.60
Manzanas residenciales de alta densidad de población	0.60
Idem de densidad media	0.50
Idem de densidad baja (casas aisladas)	0.40
Manzanas de apartamentos	0.60
Zona industrial ligera	0.65
Zona industrial pesada	0.75
Zona con patios sin pavimentos y jardín	0.55
Parques y cementerios	0.20
Unidades deportivas	0.25
Terrenos baldíos	0.15

Los aumentos de escurrimiento en el valle, serán especialmente significativos si se urbaniza la porción ubicada entre la carretera a Morelia y el pie de la serranía de El Colli, que es la zona donde la infiltración es mayor al pavimentarse parte de la superficie, la velocidad de los escurrimientos también aumentará y disminuirá el tiempo de concentración, siendo esto otro factor para que los gastos instantáneos aumenten también en intensidad. Esto último provocará que al no tener suficiente capacidad el canal de Las Pintas para interceptar todos los escurrimientos, los excedentes provocarán, en la parte baja del valle que es precisamente la que tiene menores pendientes, deficiencias en su drenaje; a todo esto se debe agregar a que ordinariamente al urbanizarse en área rural, los cauces naturales por donde escurren las aguas pluviales se modifican alterando el régimen natural de escurrimiento. Además debe tomarse en cuenta que actualmente una parte considerable del valle, especialmente en su parte media, el nivel freático es muy elevado, por lo que



cuando menos en las primeras etapas de la urbanización esto puede representar un serio inconveniente.

La tendencia actual de poblamiento de bajos recursos económicos y de las instalaciones industriales es la de ubicarse en la parte media y baja de la cuenca, por lo que las deficiencias arriba mencionadas tendrán una repercusión mucho más grave que si se tratara de terrenos agrícolas.

Otra consecuencia del incremento del gasto instantáneo sería el aumento de las superficies ribereñas del río Santiago, inundadas al no poder desfogar libremente en este río cuando lleve gastos mayores de los ordinarios. Se considera que cuando el río Santiago lleva más de 90 m<sup>3</sup>/seg ya provoca inundaciones.

En otro aspecto, el incremento de los escurrimientos hará más atractiva su utilización, siempre y cuando se encuentren sitios adecuados para su almacenamiento. La urbanización al aumentar el precio de los terrenos, hará que se consideren costosas ciertas obras que actualmente no lo son, como el mejoramiento del cauce del río Santiago aguas arriba de El Salto para evitar inundaciones.

Las deficiencias en el drenaje pluvial en terrenos agrícolas se pueden solucionar mediante una adecuada planeación de las actividades agropecuarias, así se tiene en este mismo valle de Toluquilla, que los terrenos bajos que circundan el vaso del Ahogado, no se cultivan, sino se dedican a la ganadería, en cambio las zonas urbanas, en las cuales forzosamente tienen que hacerse inversiones cuantiosas, las deficiencias del drenaje representan un inconveniente mayor.

CUADRO # 5  
 PRECIPITACIONES PLUVIALES EN ATEQUIZA  
 ATEQUIZA

			PROMEDIO
1935	989.4	989.4	989.4
6	986.8		
7	1093.5		
8	721.7		
9	634.2		
1940	696.4	4132.6	826.5
1	1073.2		
2			
3	829.7		
4	902.3		
5	462.0	3267.2	816.8
6	758.0		
7	866.9		
8	953.5		
9	651.0		
1950	727.8	3957.2	791.4
1	728.8		
2	845.2		
3	835.3		
4	718.5		
5	886.5	4014.3	802.9
6	688.6		
7	636.3		
8	974.5		
9	776.2		
1960	907.4	3983.0	796.6
1	975.2		
2	861.5		

CUADRO # 5  
 PRECIPITACIONES PLUVIALES EN ATEQUIZA  
 ATEQUIZA

			PROMEDIO
	3	945.0	
	4	773.0	
	5	1054.1	4608.8
1966		896.0	921.8
	7	1271.4	
	8	852.9	
	9	814.3	
1970		819.9	4654.5
	1	978.8	930.9
	2	765.0	
	3	1203.0	
	4	785.7	
	5	847.8	4580.3
	6	874.0	916.1
	7	934.7	
	8	921.4	
	9	556.7	
1980		1063.1	4349.9
	1	839.9	870.0
	2	688.2	
	3	847.0	
	4	864.2	3239.3
			809.8

CUADRO # 5  
 PRECIPITACIONES PLUVIALES EN GUADALAJARA  
 LLUVIA EN GUADALAJARA

			PROMEDIO
1881	1035.2		
2	826.1		
3	728.8		
4	605.4		
5	1143.0	4338.5	867.7
6	853.9		
7	1115.0		
8	1078.0		
9	747.9		
1890	1141.4	4936.2	987.2
1	779.5		
2	793.9		
3	798.7		
4	1002.9		
5	1215.2	4590.2	918.0
6	687.2		
7	568.0		
8	913.5		
9	756.4		
1900	788.0	3713.1	742.6
1	615.3		
2	867.8		
3	824.7		
4	931.5		
5	750.8	3990.1	798.0
6	925.4		
7	586.2		
8	632.8		
9	602.0		

CUADRO # 5  
 PRECIPITACIONES PLUVIALES EN GUADALAJARA  
 LLUVIA EN GUADALAJARA

			PROMEDIO
1910	909.8	3656.2	731.2
1	770.9		
2	796.1		
3	789.5		
4	640.1		
5	700.3	3696.9	739.4
6	934.7		
7	752.5		
8	749.9		
9	958.8		
1920	660.1	4056.0	811.2
1	848.1		
2	942.7		
3	872.3		
4	834.0		
5	923.8	4420.9	884.2
6	820.0		
7	894.0		
8	751.1		
9	748.5		
1930	751.3	3964.9	793.0
1	849.4		
2	776.7		
3	962.5		
4	1028.0		
5	960.0	4576.6	915.3
6	952.8		
7	949.7		

CUADRO # 5  
 PRECIPITACIONES PLUVIALES EN GUADALAJARA  
 LLUVIA EN GUADALAJARA

			PROMEDIO
	8	836.4	
	9	676.0	
1940		846.3	4261.2
	1	1004.4	852.2
	2	1030.7	
	3	902.4	
	4	937.7	
	5	802.5	4677.7
	6	1056.5	935.5
	7	772.2	
	8	795.0	
	9	917.1	
1950		719.5	4260.3
	1	926.7	852.1
	2	816.3	
	3	830.3	
	4	789.3	
	5	891.5	4254.1
	6	1118.5	850.8
	7	721.3	
	8	1349.3	
	9	732.8	
1960		901.1	4823.0
	1	958.5	964.6
	2	995.4	
	3	1101.4	
	4	838.0	
	5	933.1	4826.4
			965.3

CUADRO # 5  
 PRECIPITACIONES PLUVIALES EN GUADALAJARA  
 - LLUVIA EN GUADALAJARA

		PROMEDIO	
	6	967.8	
	7	1181.0	
	8	1008.7	
	9	622.2	
1970	1071.5	4851.2	970.2
	1	1045.1	
	2	1015.0	
	3	1253.7	
	4	1117.5	
	5	1089.7	5521.0
	6	869.2	1104.2
	7	1018.9	
	8	1166.2	
	9	899.3	
1980	1061.8	5015.4	1003.1
	1	983.6	
	2	1040.8	
	3	1032.8	
	4	1086.3	4143.5
			1035.9

## V. SOLUCION PROPUESTA



SOLUCIONES PROPUESTAS PARA LOGRAR LA UTILIZACION MAS ADECUADA DE LOS VOLUMENES DE AGUA ESCURRIDOS, ALTERNATIVAS Y CONVENIENCIAS.

La utilización de los volúmenes de agua escurridos en el valle de Toluquilla, por las cercanías de su ubicación de una zona urbana en creciente desarrollo, no puede ser otro que su empleo en aumentar el abastecimiento del agua potable para la ciudad de Guadalajara.

Los datos hidrológicos indican por una parte, que en los años abundantes escurren al río Santiago volúmenes considerables que no se utilizan, por otra parte, aún en los años extraordinariamente lluviosos, no deja de bombearse en la planta No. 1, lo cual puede indicar que el canal de Las Pintas no tiene capacidad suficiente para captar todos los escurrimientos, por lo que sería conveniente estudiar la posibilidad de rehabilitar algunos de los vasos situados arriba del canal para que puedan servir como reguladores de las avenidas, esto podría considerarse como la primera etapa para el aprovechamiento suficiente de los escurrimientos, convendría rehabilitar y sobreelevar los vasos de las Rusias para controlar las aguas del arroyo de Las Pintas y el de la Concepción para hacer lo mismo con los escurrimientos de la zona poniente.

El primer problema que presenta la utilización de los escurrimientos es el de la contaminación, las aguas negras son completamente inadecuadas para uso potable, su posible uso está en cierta clase de riego agrícola, industrial y para generación de energía eléctrica, las aguas pluviales, con ciertas limitaciones, sí se pueden emplear, especialmente, si como se va a proponer, en algunos casos se emplean para sustituir aguas que actualmente se utilizan para riego.

El segundo escollo que se presenta para la utilización de los escurrimientos pluviales, es el de encontrar un almacenamiento adecuado, probablemente no se debe pensar en un almacenamiento considerable dentro del valle, aún cuando hubiera un sitio adecuado, por el alto costo de los terrenos inundados y porque sería un obstáculo para el drenaje eficiente.

Al sureste del valle de Toluquilla se encuentra el Cajititlán cuya parte baja esté ocupada por la laguna del mismo nombre, este vaso probablemente reúne condiciones ideales para utilizarlo para almacenar los escurrimientos pluviales del valle de Toluquilla, por lo que se considera conveniente estudiar sus características hidrológicas.

#### Características hidrológicas de la laguna de Cajititlán.

La cuenca de la laguna de Cajititlán tiene una extensión de 205 km<sup>2</sup> de los cuales pueden considerarse 52 km<sup>2</sup> como terrenos con pendientes suaves y el resto, o sea 153 km<sup>2</sup>, que equivalen al 75% de la superficie total, son terrenos con fuertes pendientes.

El parteaguas de la cuenca por su parte sur está localizada en la serranía llamada Cerro Viejo, que alcanza alturas de 2800 metros sobre el nivel del mar si se considera que la altura de la laguna es aproximadamente 1550 m.s.n.m., se tendrá idea de las fuertes pendientes.

Estaciones pluviométricas no se localizan dentro de una cuenca por lo que se hace uso de la ubicada en Huerta Vieja que es la más próxima, se encuentra aproximadamente 3.5 km al oriente del parteaguas. Por su ubicación, los datos que proporciona esta estación, probablemente sean mayores que los reales que ocurren dentro de la cuenca, teniendo en cuenta las llu --

vias convectivas que indudablemente ocurren en las estibaciones del Cerro Viejo, que ocupan gran parte de la cuenca.

El Valle de Cajititlán constituye una cuenca cerrada cuya parte baja está ocupada por la laguna del mismo nombre, este vaso con capacidad, hasta la cota 1550, de aproximadamente 40 millones de metros cúbicos, inunda una superficie de 1600 hectáreas y puede considerarse que tiene una profundidad media de 2.5 metros. (Ver mapa # 5).

Si se tiene en cuenta que la precipitación media registrada en la estación pluviométrica de Huerta Vieja es de 859 m.m., en la cuenca de 205 km<sup>2</sup> se tendría una precipitación total de 176 millones de m<sup>3</sup>; ahora bien como la capacidad de la laguna es de 40 millones, con ese escurrimiento se tiene coeficiente de escurrimiento de aproximadamente 23, coeficiente ciertamente muy alto pero deben tenerse en cuenta dos circunstancias

1o. Las fuertes pendientes de la cuenca y

2o. La laguna alcanza únicamente su nivel máximo en años extraordinariamente lluvioso, en años ordinarios tal vez se pueda considerar un escurrimiento medio de 25 millones y el coeficiente de escurrimiento, sería de 14 aproximadamente.

Que la cuenca sea insuficiente para que la laguna se llene ordinariamente, se demuestra con el hecho de existir un canal que, partiendo de la hacienda de Cedros, sirve para conducir las aguas del arroyo de Los Sabinos a la laguna de Cajititlán, la cuenca del arroyo de Los Sabinos hasta el sitio de derivación es de aproximadamente 98 km<sup>2</sup>.

A pesar de este aumento de la cuenca de captación, 48%, la laguna presenta períodos de marcada deficiencia con el almacena

miento de aproximadamente el 40% del máximo. A esta deficiencia debe agregarse la debida a la evaporación. La evaporación anual registrada en la estación de Huerta Vieja es de 1930 m.m. si a esta cifra se le resta 859 m.m. de lluvias promedio anual, quedan 1071 m.m. de evaporación neta y en 1600 hectáreas se tendría una pérdida por evaporación de aproximadamente 16 millones de m<sup>3</sup>, el 40% del volumen almacenado. Cuando el almacenamiento no alcanza su máximo, el porcentaje de pérdidas por evaporación son mucho más fuertes.

El problema básico de la laguna de Cajititlán es la disparidad tan grande que existe entre la capacidad de almacenamiento y los escurrimientos de su cuenca propia, por los que la solución ideal sería aumentar los escurrimientos que ocurren a la laguna.

Si se tiene en cuenta que una parte considerable del valle de Toluquilla, está a mayor altura que la laguna y que el parateaguas entre ambos valles son en su mayoría lomeríos de escasa elevación, parece factible interceptar los escurrimientos de la parte alta del valle de Toluquilla y conducirlos a la laguna de Cajititlán.

En resumen el problema que se presenta para la utilización de los escurrimientos especialmente pluviales, es el de encontrar un almacenamiento adecuado, probablemente no sea conveniente un almacenamiento considerable dentro del valle, aún cuando hubiera un sitio adecuado, por el alto costo de los terrenos inundados y porque sería un obstáculo para el drenaje eficiente. Al sureste de este valle se encuentra el de Cajititlán cuya parte baja está ocupada por la laguna del mismo nombre, este vaso con capacidad media, en las condiciones actuales, hasta la cota 1550 es de aproximadamente de 40 millones de metros cúbicos, se inunda una superficie de 1600 hectáreas y puede considerarse -

que tiene una profundidad media de 2.5 metros, como puede verse su eficiencia es muy baja, extrapolando la curva de áreas y capacidades (ver mapa # 5) de este vaso, se puede calcular que si se aumenta la altura de este vaso en dos metros, probablemente su capacidad se duplique llegando a ser de 90 millones de metros cúbicos y el incremento de la superficie inundada sería de aproximadamente 300 hectáreas. El aumento de la capacidad traerá consigo la necesidad de ejecutar varias obras como son: elevación del bordo que separa la parte poniente que se desecó (concesión landino; así se llena la parte desecada al poniente de la laguna debido a que el beneficiario de ella y que construyó el bordo de contención fue el Ing. Rodolfo Landino. Actualmente es terreno ejidal) y está dedicado al cultivo; aumento de la altura de bombeo para drenar esa misma zona y construcción de nuevos canales para evitar que las aguas pluviales escurran en la zona desecada.

En estas condiciones, parece razonable estudiar las máximas posibilidades de almacenamiento en la laguna de Cajititlán, buscar la manera de conducir los escurrimientos excedentes del valle de Toluquilla a este vaso, teniendo en cuenta que como ya se dijo, su altura es de 1 550 m.s.n.m.

Puede afirmarse que la totalidad de los volúmenes que en un futuro escurran en el valle de Toluquilla, pueden almacenarse y utilizarse en riego o en sustituir aguas que actualmente se extraen de Chapala para uso agrícola y que se destinarían para agua potable. Concretando, un poco más lo anterior, las aguas almacenadas en Cajititlán se deben emplear en ir sustituyendo progresivamente, de acuerdo con la disponibilidad de agua con que se cuenta, los actuales aprovechamientos de agua para usos agrícolas que a través del río Santiago se da por canales y la efectivamente regada, en las zonas de Cajititlán y Cuitzeo, eso se debe probablemente a la escasez de agua disponible, esto se

solucionaría almacenando agua en Cajititlán, esto es especialmente interesante refiriéndose a la zona de riego de Cajiti -- tlán que incluye una zona de granjas que se está desarrollando rápidamente.

En el mapa # 6 están indicadas las localizaciones aproximadas de canales, almacenamientos y zonas de riego.

Factibilidades técnicas y económicas de las soluciones.

En este capítulo se trata de estudiar, de un modo preliminar de acuerdo con los datos disponibles, si no hay un inconveniente de tal índole que evidentemente invalidará las anteriores proposiciones.

Factibilidad topográfica.

Por la naturaleza misma de las obras propuestas, la factibilidad topográfica, tal como aquí se presenta, se refiere especialmente a la comparación de alturas relativas de las distintas obras proyectadas, así como su ubicación y extensión de cuencas, lo que proporciona un indicador seguro de la cuantía de los volúmenes que proporcionan dichas cuencas.

Los estudios topográficos son, en la fase preliminar de los anteproyectos, tal vez la más costosa y dilatada, afortunadamente se cuenta actualmente con las cartas levantadas por el DETENAL, equidistancia de curvas de nivel cada 10 metros, que proporciona la suficiente precisión para tener una idea bastante aproximada de cuencas y elevaciones y poder tener así una idea del trazo preliminar de canales y localización de posibles almacenamientos y zonas de riego.

Con los datos obtenidos por los mapas, se puede afirmar -

que la superficie de la parte poniente del valle ubicado arriba de la cota 1560 es de 189 km<sup>2</sup> o sea el 38% de la superficie total. Se tomó la cota 1560 porque es la que se considera adecuada para localizar mas o menos a esa altura, el canal que interceptaría los escurrimientos de la parte alta del valle para conducirlos a la laguna de Cajititlán, pero a esa altura se requiere de un canal de aproximadamente 19.5 kms de longitud y un túnel de 1.35 kms. (Ver plano # 7). Se muestra en el anexo # 2 - una proposición de la sección del canal y del túnel con sus características hidráulicas.

La cota a que se encuentra el embalse de Cajititlán hace que las aguas ahí almacenadas dominen todas las actuales zonas de riego ubicadas en la margen izquierda del río Santiago, cuya altura promedio oscila alrededor de los 1510 m.s.n.m.

#### Factibilidad agrológica.

Siendo una parte importante del proyecto, la utilización del agua que se va a tener disponible en usos agrícolas, es interesante conocer la calidad agrológica de los terrenos que se pudieran regar, pues de esa calidad depende en gran parte el que sea remunerativo la agricultura de riego.

La parte correspondiente al valle ya se estudió, en detalle en el capítulo relativo a Agrología y se ve que predominan los suelos de segunda que se consideran aptos para la agricultura de riego.

La clasificación agrológica de las actuales zonas de riego de la margen izquierda del río de Santiago así como las potenciales que se regarían conforme fueran disponiéndose de mayores volúmenes, está indicada en el mapa # 8 y de su observación se puede deducir que su calidad es indudablemente mejor que la de los terrenos ubicados dentro del valle bajo estudio.

ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA

Basta echar una simple ojeada a los mapas de clasificación agrológica para darse cuenta de la gran superficie de la tierra que pueda regarse y pueda afirmarse teniendo en cuenta la limitación de recursos hidrológicos que realmente el factor limitante para el aprovechamiento en uso agrícola son los volúmenes de agua disponible. Del mismo modo, en algunas de las zonas de riego ya existentes en esta región, resalta la diferencia entre la superficie dominada por canales y las regadas efectivamente, lo cual en la mayoría de los casos debe atribuirse a la escasez de agua.

#### Factibilidad hidrológica.

Está constituido por la posibilidad de obtener los volúmenes necesarios para hacer redituable el proyecto. La estimación preliminar de los volúmenes que actualmente escurren, varían desde cero en los años extremadamente secos, en los cuales todos los escurrimientos se incorporan al canal de Las Pintas, hasta aproximadamente 50 millones de metros cúbicos en los años abundantes.

El estudio detallado de la periodicidad de estos años secos y abundantes pueden dar una norma acerca de la posibilidad de utilizar los volúmenes de los años abundantes almacenándolos en Cajititlán. Esto parte de las condiciones actuales, pero todo el proyecto gira alrededor de la hipótesis de los escurrimientos crecientes debido al aumento de las superficies urbanizadas, además al contarse con un almacenamiento se podrá disponer de una reserva para los años secos.

Para tener una idea de los volúmenes que pudieran escurrir al urbanizarse una porción considerable del valle, se da a continuación una relación de los volúmenes registrados en la estación hidrométrica sobre el río San Juan de Dios. Debe tenerse en cuenta que la cuenca de la referida estación es de -



aproximadamente 122 km<sup>2</sup> el 40% de la superficie del valle de -  
Guadalajara, de los cuales se consideran urbanizados 90 km<sup>2</sup>. -  
Otra circunstancia es la que la estación registra los escurri-  
mientos del río de San Juan de Dios y actualmente gran parte -  
de la zona urbanizada, al poniente y al noroeste escurre al -  
arroyo de Atemajac.

Datos de la estación sobre el río de San Juan de Dios. Vo-  
lúmenes anuales escurridos en miles de metros cúbicos.

AÑO	VOLUMEN ANUAL
1964	60 767
1965	77 410
1966	97 562
1967	114 716
1968	83 992
1969	
1970	78 914
1971	85 465

#### Factibilidad económica.

Se dará únicamente idea de los principales aspectos que en  
mi opinión, influyen decisivamente en la viabilidad económica -  
de las obras propuestas. Se debe partir de un hecho básico y -  
fundamental, la gran ventaja económica que representa la susti-  
tución de aguas, que actualmente se usan en agricultura, para -  
usarse en el abastecimiento de núcleos urbanos.

El abastecimiento de agua potable, siendo un servicio im-  
prescindible, es difícil de evaluar en términos económicos ab-  
solutos, sin embargo en este caso particular, si se comparan -  
las distintas alternativas propuestas para abastecer de agua -  
potable la zona metropolitana de Guadalajara, como son los dis-  
tintos proyectos para utilizar aguas del río Verde, se puede -

ver las ventajas que presenta la solución aquí propuesta, considerando como una solución a mediano plazo para resolver parcialmente el problema.

Dentro de la factibilidad económica no debe descontarse - la gran ventaja que representa el que casi la totalidad de los volúmenes de aguas pluviales escurridos pueden almacenarse para después utilizarse en usos agrícolas y surge otra vez, la comparación con el valle de Guadalajara donde los escurrimientos pluviales no tienen utilización posible por la falta de sitios adecuados para almacenamiento y las aguas negras no pueden aprovecharse sino en la generación de energía eléctrica.

La prevención de inundaciones, especialmente cuando se trata de áreas urbanas es de gran importancia económica, recuérdese a este respecto las grandiosísimas inversiones que ha requerido el valle de México para desalojar las excedencias, solamente el sistema de drenaje profundo, representó una erogación de más de 5000 millones de pesos.

A corto plazo la mejoría en el drenaje de la parte baja del valle servirá para que se pueda disponer de aproximadamente 450 hectáreas, además de las 500 del vaso del Ahogado.

La laguna de Cajititlán al disponer un abastecimiento constante de agua podrá tener los niveles adecuados para convertirse en un lugar turístico, agregando a esto la ventaja que representa la eliminación de lirio debido a que saldría naturalmente junto con los volúmenes que se extraigan y además se podrá regar por el bombeo, las tierras ribereñas con una compensación por las zonas inundadas al elevar los niveles.

Otra circunstancia favorable es el gran desarrollo de fraccionamientos campestres en la zona de La Calera y que for-

zosamente necesitan agua, la cual se les podría proporcionar - de la almacenada en Cajititlán.

Todo lo anterior se refiere a los rendimientos económicos que pudieran tener las obras propuestas. En relación con las erogaciones que habrían de hacer para realizar esas obras, todo indica que no sería extraordinariamente costosas y dilatadas, los canales se ubican en terrenos planos y blandos, lo mismo puede decirse de los drenes que haya que construir. El aumento de la capacidad de la laguna de Cajititlán no presenta ningún problema, es cuestión de ampliar el actual túnel de salida que está ubicado en el extremo oriente de la laguna y sirve para que salgan las aguas de dicha laguna al canal del Guayabo (Ver mapa # 6), colocación de nuevas compuertas, sobreelevación del bordo de contención ubicado en el extremo poniente y el consiguiente aumento de la altura a que se debe bombear.

Lo más costoso, indudablemente, de esta parte del proyecto serán las indemnizaciones por los terrenos inundados y sobre todo los del área urbana de Cajititlán, pero las superficies afectadas serán mínimas comparadas con la magnitud del proyecto.

## VI. CONCLUSIONES BIBLIOGRAFIA

De la presente tesis pueden deducirse las siguientes conclusiones:

1. De seguir la tendencia actual de los asentamientos humanos en la zona metropolitana de Guadalajara, estos se ubicarán en su mayor parte dentro del perímetro del valle de Toluquilla, estos asentamientos avanzarán en un frente que va desde más allá de Tonalá hasta Santa Ana Tepetitlán.

2. Como consecuencia directa de lo anterior, los escurrimientos de aguas pluviales crecerán al mismo ritmo del crecimiento debido:

a) Mayor superficie impermeabilizada y por consiguiente mayor coeficiente de escurrimiento.

b) Mayor precipitación pluvial ocasionada al extenderse la isla climática urbana dentro del valle.

3. Se tiene factibilidad topográfica para conducir esas aguas excedentes a la laguna de Cajititlán, mejorando su funcionamiento hidrológico.

4. Las aguas almacenadas en Cajititlán pueden utilizarse para regar superficies actualmente regadas con aguas de Chapala o incorporarse al Sistema Río Santiago de abastecimiento de agua potable de la zona metropolitana de Guadalajara, esto depende de la calidad probable.

5. De considerarse de interés deben procederse a estudios más completos y detallados.

ANEXO # 1  
METODO DE HORTON

En este criterio se traza una malla de cuadros sobre el plano del área de la cuenca en estudio, la cual conviene orientar en el sentido de la corriente principal. Si la cuenca es de 250 km<sup>2</sup> o menor, se requiere por lo menos una malla de cuatro cuadros por lado; si la cuenca es mayor de 250 km<sup>2</sup>, deberá incrementarse el número de cuadros de la malla, ya que la aproximación del cálculo depende del tamaño de ésta.

Una vez hecho lo anterior, se mide la longitud de cada línea de la malla comprendida dentro de la cuenca y se cuentan las intersecciones y tangencias de cada línea con las curvas de nivel. La pendiente de la cuenca en cada dirección de la malla se valúa como:

$$S_x = \frac{N_x D}{L_x} \quad \text{y} \quad S_y = \frac{N_y D}{L_y}$$

donde

- D Desnivel constante entre curvas de nivel
- $L_x$  Longitud total de las líneas de la malla en la dirección x, comprendidas dentro de la cuenca.
- $L_y$  Longitud total de las líneas de la malla en la dirección y, comprendidas dentro de la cuenca.
- $N_x$  Número total de intersecciones y tangencias de las líneas de la malla en la dirección x, con las curvas de nivel.

$N_y$  Número total de intersecciones y tangencias de las líneas de la malla en la dirección y, con las curvas de nivel.

$S_x$  Pendientes de la cuenca en la dirección x.

$S_y$  Pendientes de la cuenca en la dirección y.

Finalmente, Horton considera que la pendiente media de la cuenca puede determinarse como:

$$S_c = \frac{N D \sec \theta}{L}$$

donde

$$L = L_x + L_y$$

$$N = N_x + N_y$$

$\theta$  Angulo entre las líneas de la malla y las curvas de nivel.

Como resulta demasiado laborioso determinar la  $\sec \theta$  de cada intersección, Horton sugiere usar un valor promedio de 1.57. En la práctica, y para propósitos de comparación, es igualmente eficaz ignorar el término  $\sec \theta$ , o bien considerar el promedio aritmético o geométrico de las pendientes  $S_x$  y  $S_y$  como pendiente de la cuenca.

CUADRO # 6

NO. DE LA LINEA	INTERSECCIONES		LONGITUDES EN KMS	
	Nx	Ny	Lx	Ly
0	4	0	4.50	0
1	5	6	4.7	2.9
2	4	7 + 4	5.3	4.8 + 1.1
3	7	7 + 4	6.5	5.6 + 2.9
4	10	11 + 1	8.1	4.5 + 3.0
5	10	17	7.3	11.5
6	10	9	6.8	9.7 + 0.6
7	9	10	6.7	7.1
8	9	8	6.3	6.0
9	7	7	5.3	4.2
10	4	3	3.2	3.6
11	4	1	3.9	0.8
12	6	0	4.0	0
13	5	0	2.4	0
14	1	0	0	0
	95	95	75	68.3

SUMATORIA 190

SUMATORIA

143.3



$$s = \frac{190 \times 0.01}{143.3} = 0.0133$$

Los datos obtenidos en el cuadro # 6 se obtuvieron en el mapa # 9.

ANEXO # 2  
 PROPOSICION DEL CANAL Y TUNEL CON SUS CARACTERISTICAS HIDRAULICAS

FORMULA MANNING

$$V = \frac{1}{N} R^{2/3} S^{1/2}$$

N = Coeficiente de rugosidad

R = Radio hidráulico en metros

S = Pendiente del gradiente de energía

V = Velocidad media en metros/segundo.

EN EL CANAL

Revestimiento de concreto

Talud 1 x 1

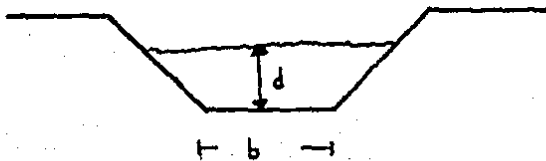
N = 0.016 para el concreto

S Canal = 0.0002

b = 3.20 metros

d = 2.00 metros

A = 10.40 metros<sup>2</sup>



$$R = \frac{A}{P} = \frac{10.4}{8.8569} = 1.1742 \text{ mts}$$

P = Perímetro mojado en mts.

CANAL

$$V = \frac{1}{0.016} (1.17)^{2/3} (0.0002)^{1/2}$$

$$V = 0.9811 \text{ mts/seg.}$$

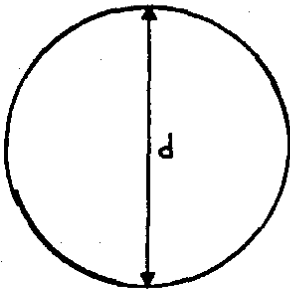
$$Q = AV$$

$$Q = \text{Gasto en m}^3/\text{seg.}$$

A = Area hidráulica de la sección transversal.

$$Q = (10.4) (0.9811) = 10.2 \text{ m}^3/\text{seg.}$$

EN EL TUNEL



Revestimiento de concreto.

Circular

N = 0.016 para el concreto

S Túnel = 0.0004

d = 3.40 mts.

$$A = \frac{\pi d^2}{4} = 9.08 \text{ m}^2$$

$$R = \frac{A}{P} = \frac{9.08}{10.68} = 0.85 \text{ mts.}$$

P = Perímetro mojado mts.

TUNEL

$$V = \frac{1}{0.016} (0.85)^{2/3} (0.0004)^{1/2}$$

$$V = 1.121 \text{ mts/seg.}$$

$$Q = (9.08) (1.121) = 10.17 \text{ m}^3/\text{seg.}$$

## B I B L I O G R A F I A

Springall Rolando  
Hidrología

I.N.E.G.I.  
Censos Generales de Población

I.N.E.G.I.  
Cartografía

U.N.A.M.  
Revista de Ingeniería

S.A.R.H.  
Informe de labores 1978-1979

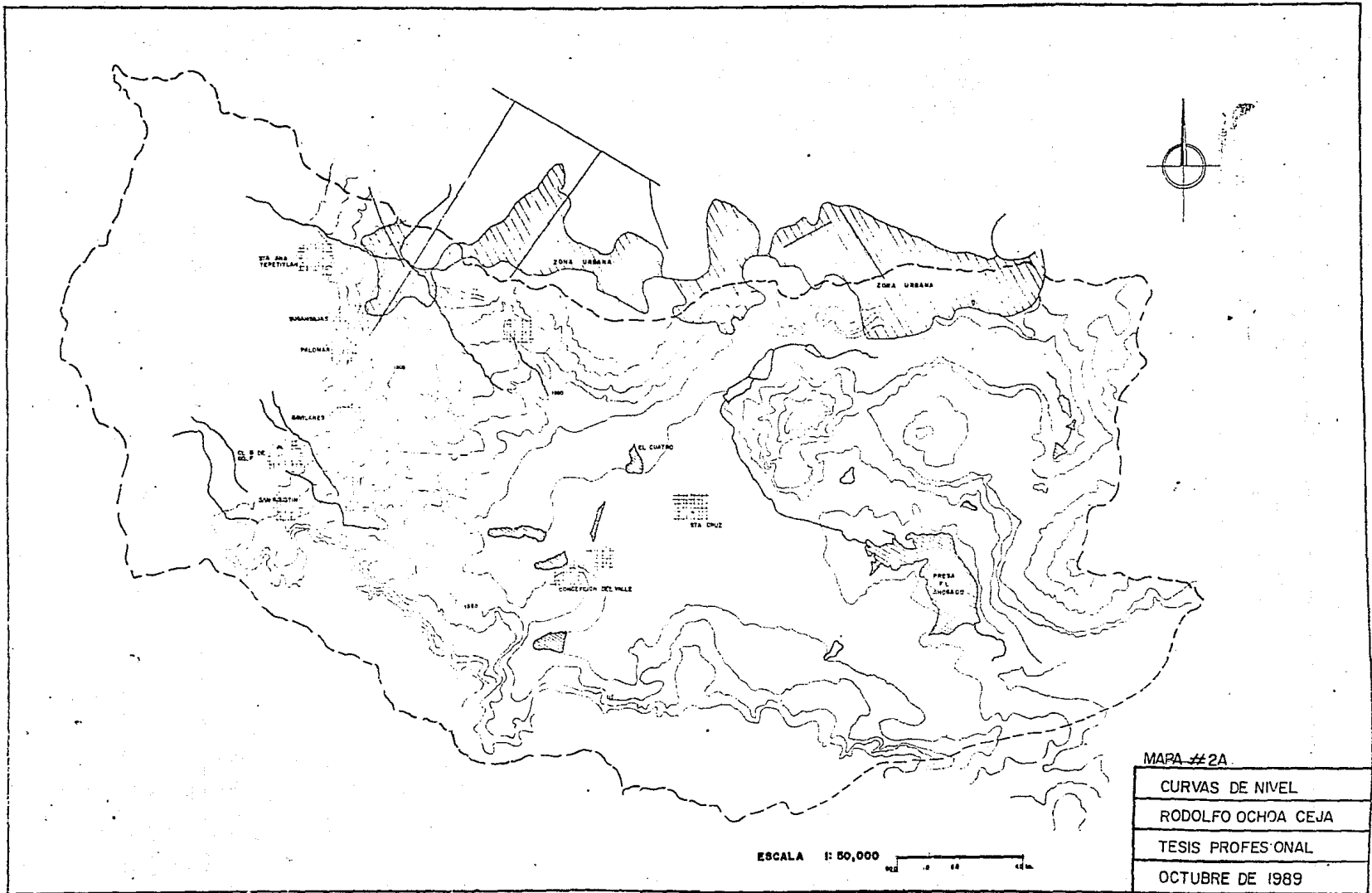
S.A.R.H.  
Datos pluviométricos

S.A.R.H.  
Cartografía

P.L.A.T.  
Boletín metereológico.

Dirección de Obras Públicas del Estado de Jalisco  
(D.O.P.E.J.)  
Colectores para Guadalajara.





MAPA #2A

CURVAS DE NIVEL

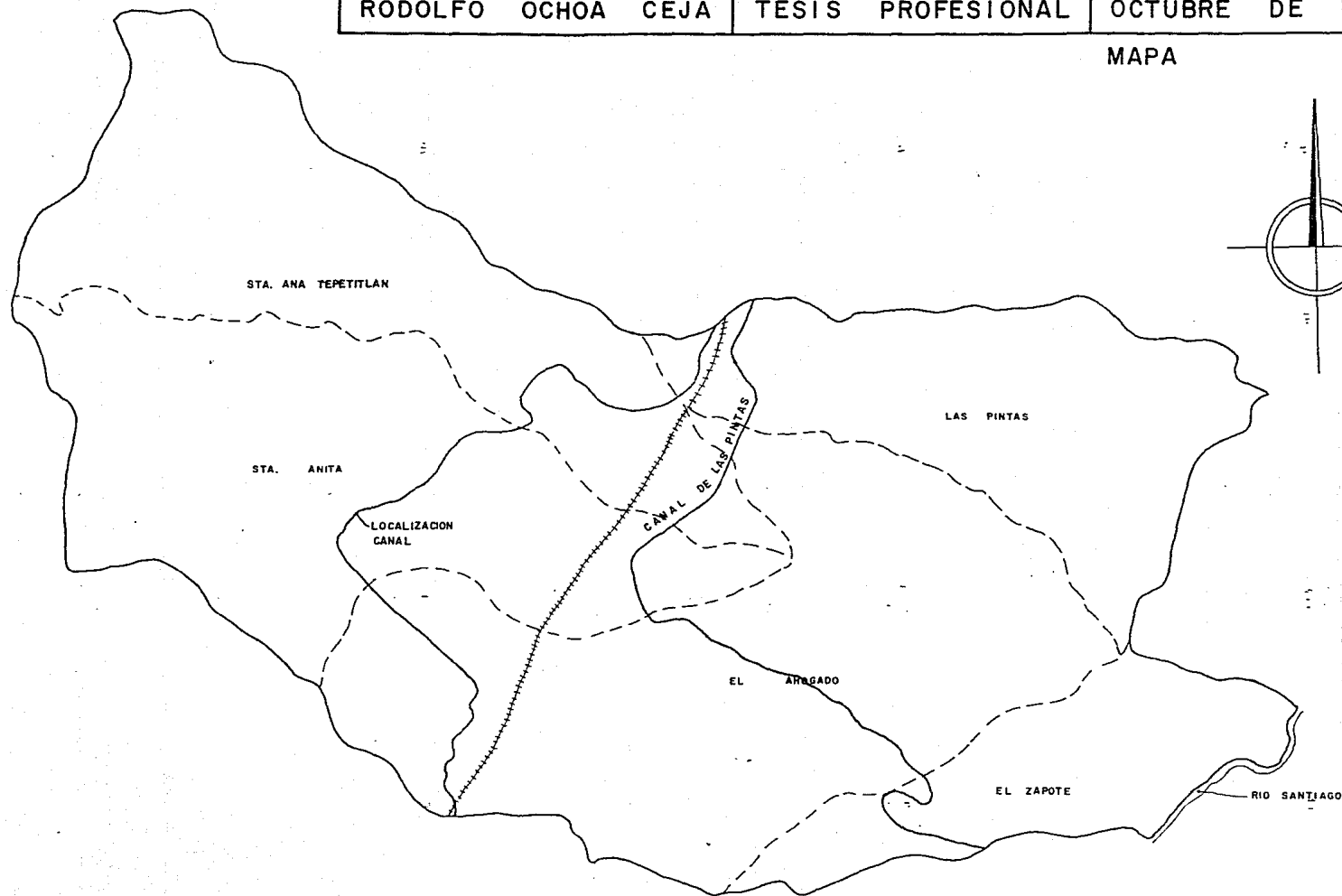
RODOLFO OCHOA CEJA

TESIS PROFESIONAL

OCTUBRE DE 1989

ESCALA 1:50,000

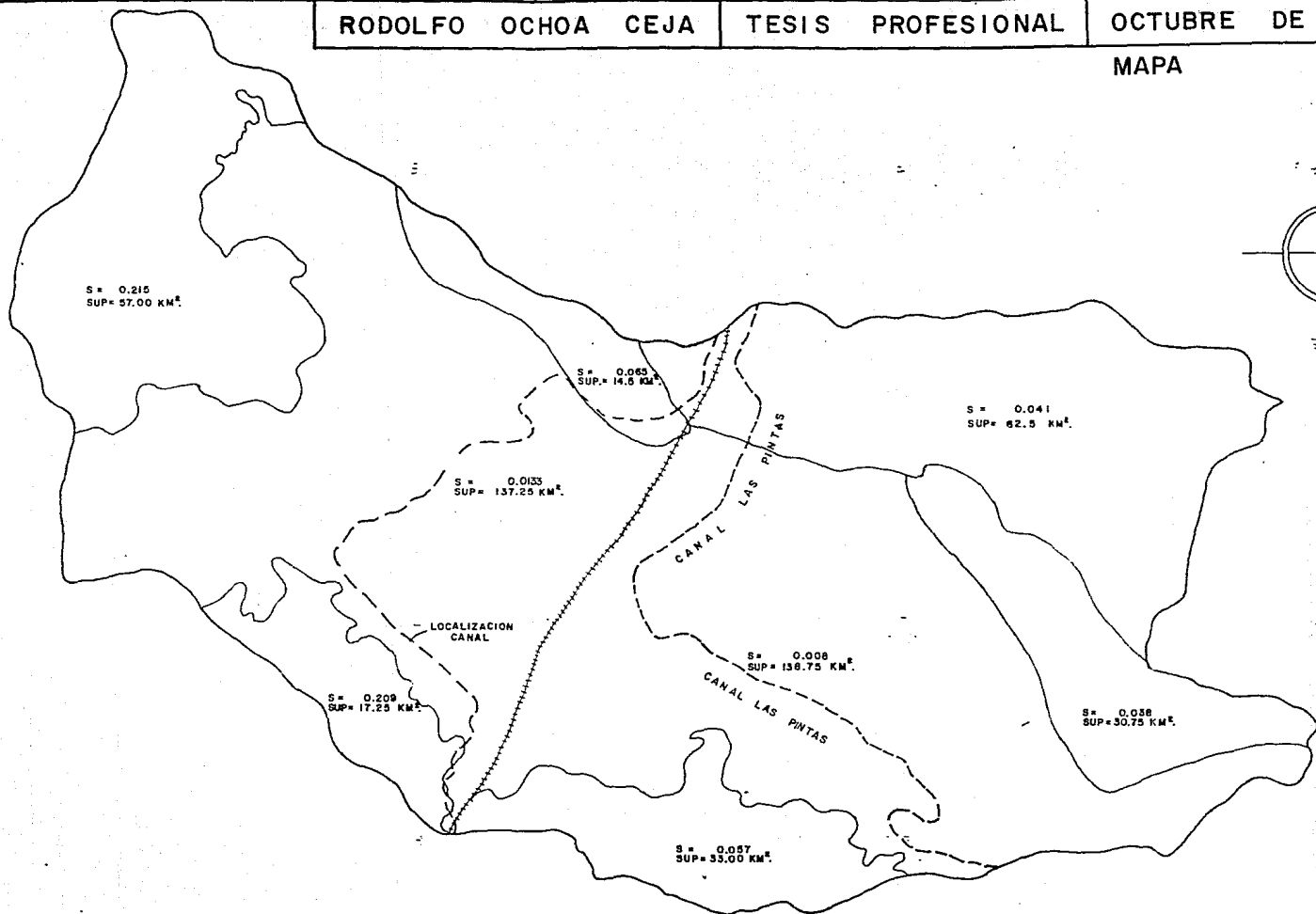




VALLE DE TOLUQUILLA SUB - CUENCAS

0.0 1.0 2.0 3.0 Km.

ESCALA 1: 100,000

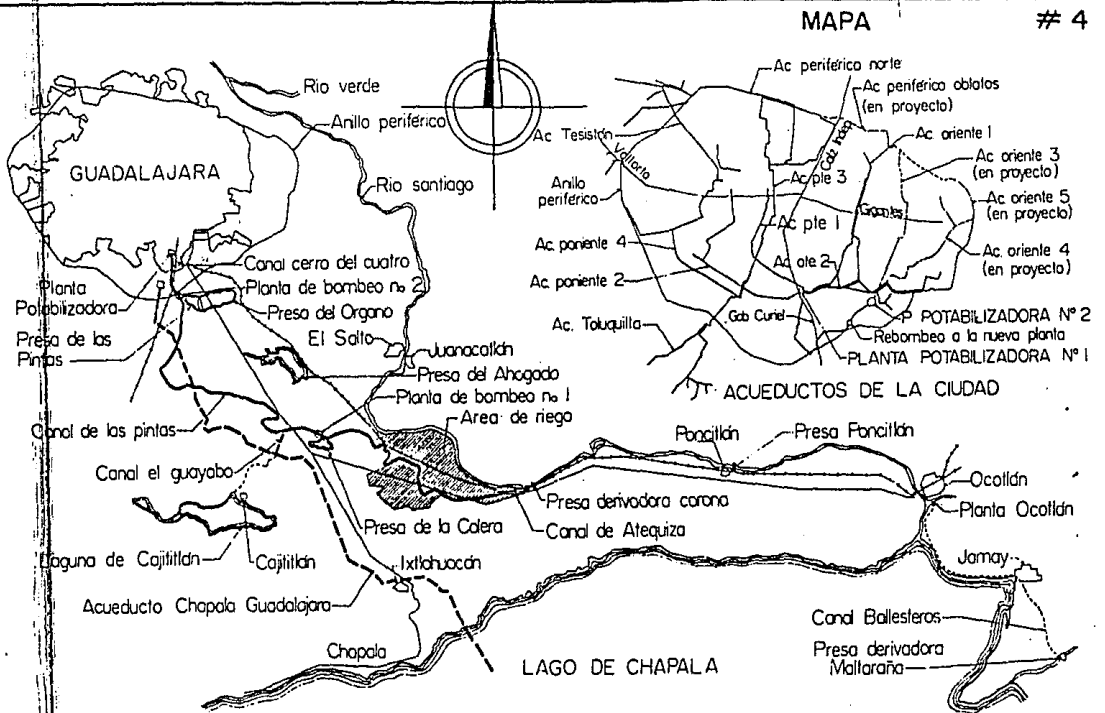


VALLE DE TOLUQUILLA - PENDIENTES

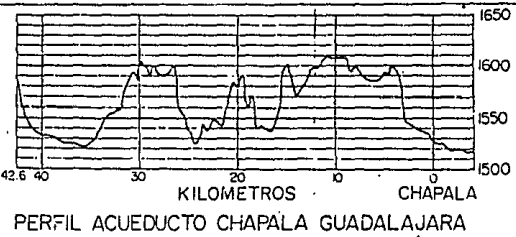
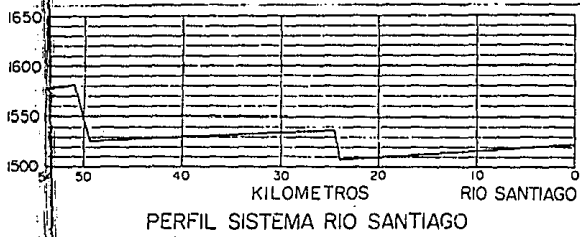
0.0 1.0 2.0 3.0 Km.

ESCALA 1: 100,000



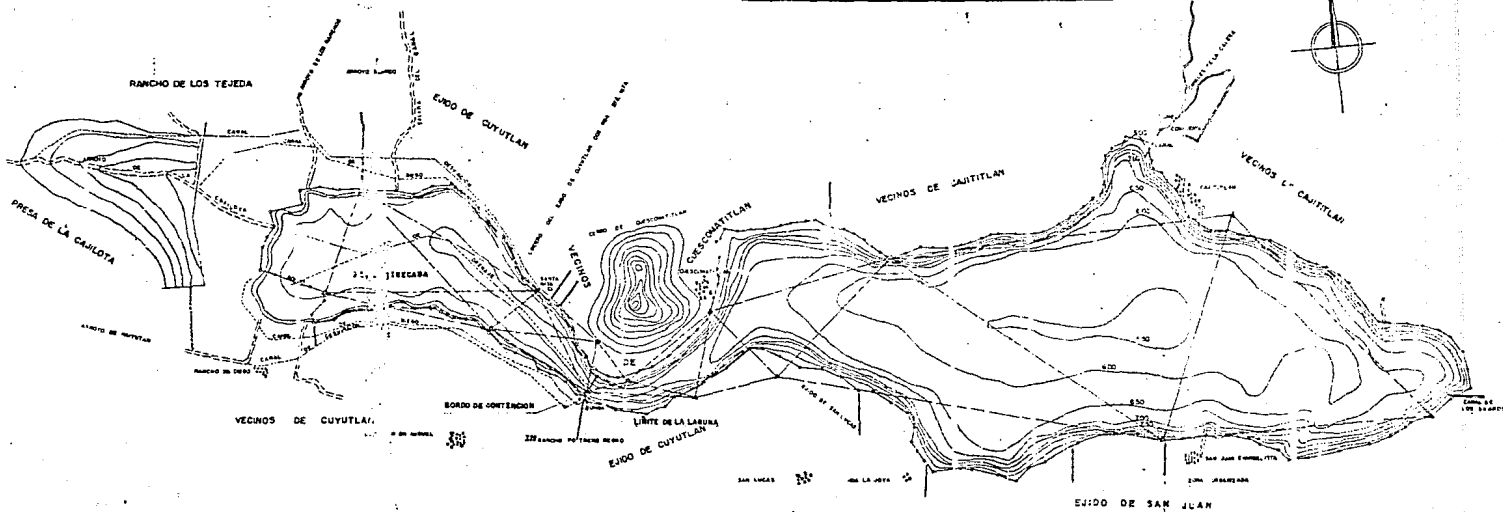
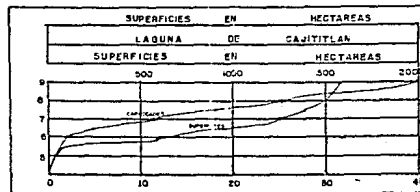


SISTEMA RIO SANTIAGO OPERADO POR SIAPA — ACUEDUCTO CHAPALA GUADALAJARA PROYECTADO POR SARH  
 PLANTA GENERAL



# ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE A LA ZONA METROPOLITANA DE GUADALAJARA

GRUPO DE AREAS Y VARIACIONES				
CUAS	AREAS M <sup>2</sup>	Δ A <sub>1</sub>	Δ A <sub>2</sub>	VOL PARCIAL
520	200 000			
13.3	186 000	648 000	3240 000	101 000
14	998 000	14440 000	7220 000	396 000
17.3	1269 000	22280 000	11220 000	648 000
17.35	1328 000	22280 000	13220 000	644 000
2.25	1498 000	2896 000	1448 000	724 000
6.25	1840 000	3038 000	1818 000	756 000
19.25	1810 000	3180 000	1878 000	787 000



MAPA # 5

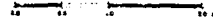
ETO DE REGO DEL BAJO RIO LERMA JALISCO Y MEXICO  
LAGUNA DE CAJITILAN

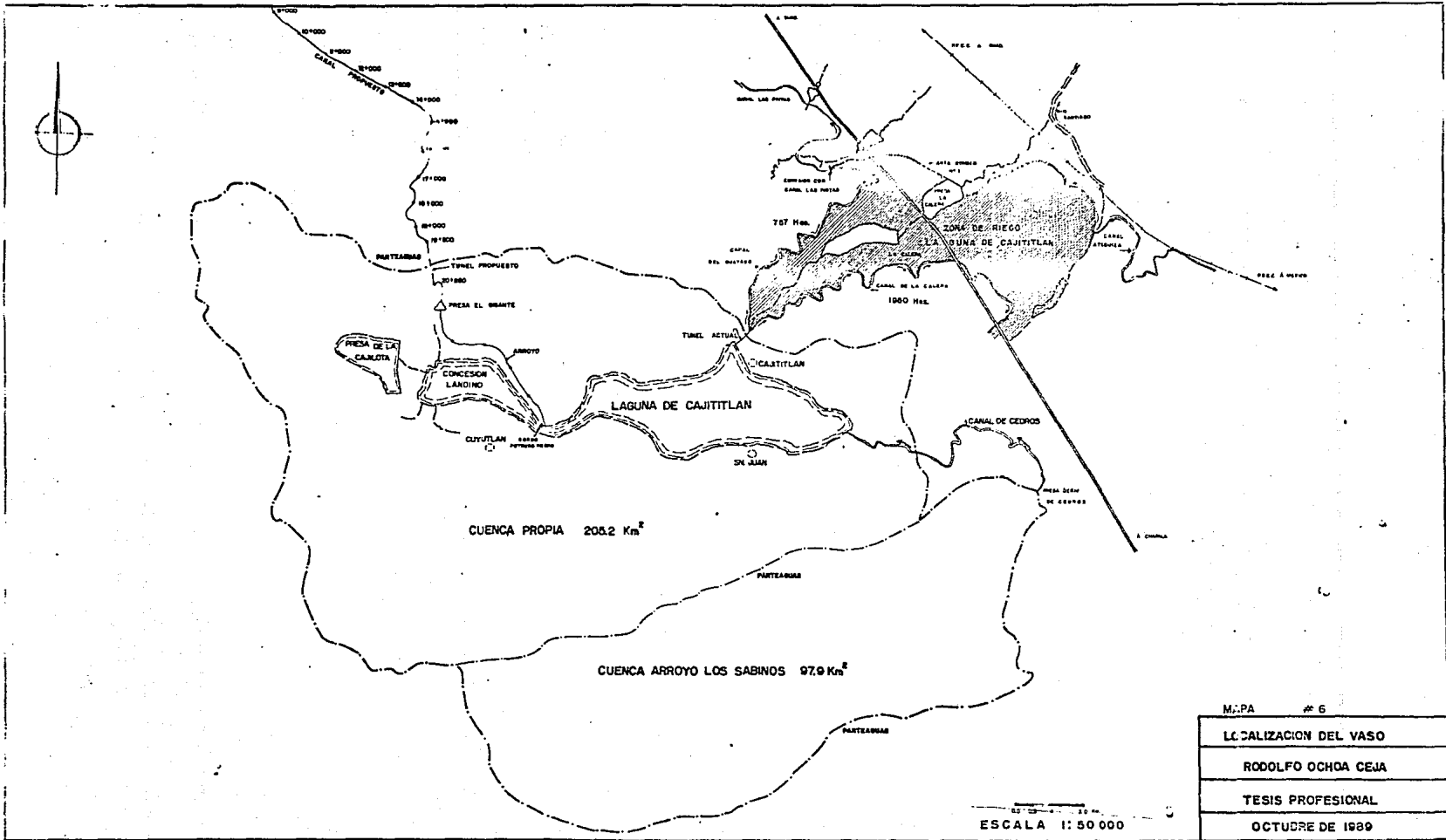
RCDOLFO OCHOA CEJA

TESIS PROFESIONAL

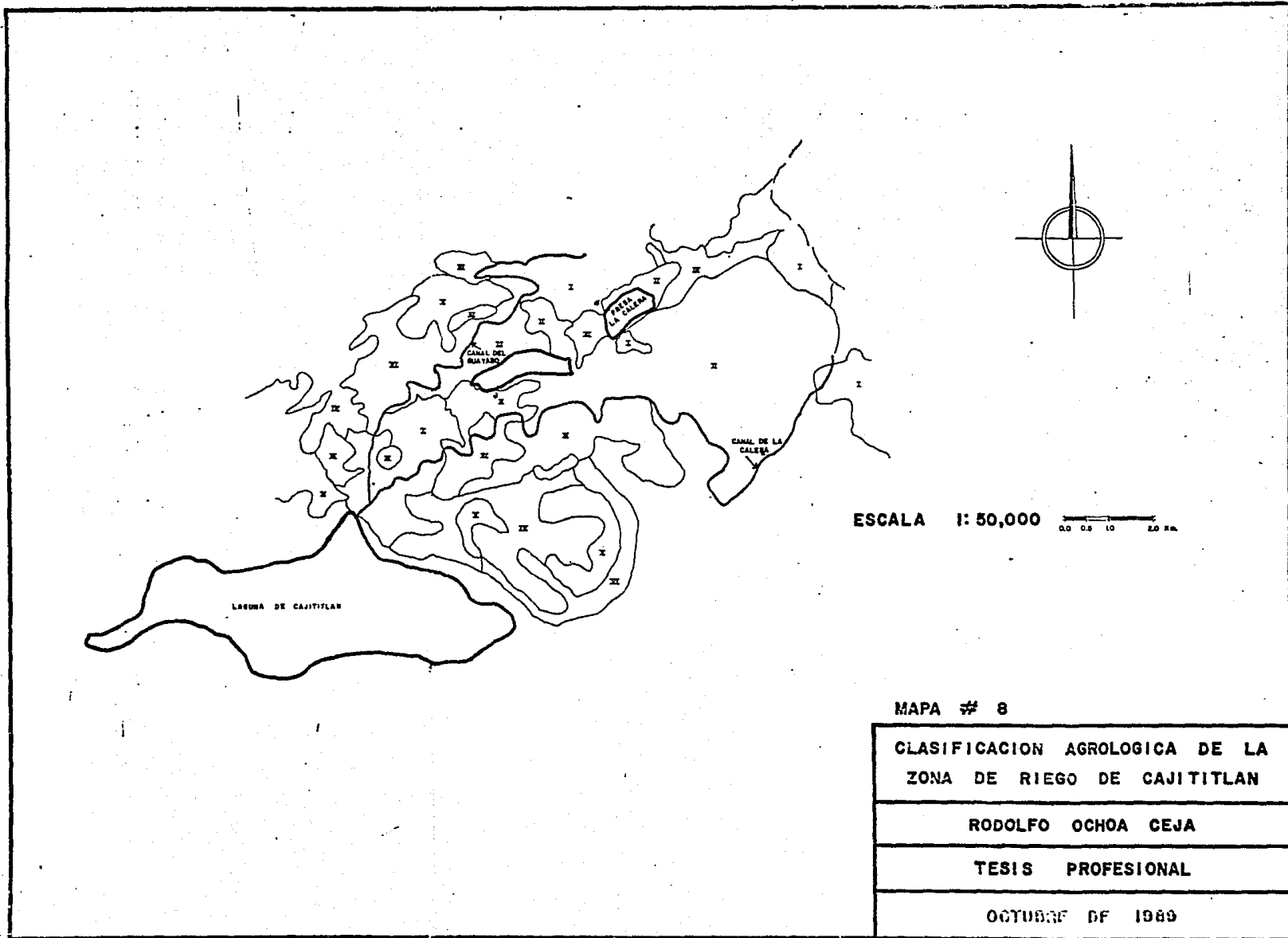
OCTUBRE DE 1989

ESCALA 1:20,000









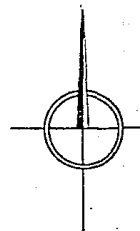
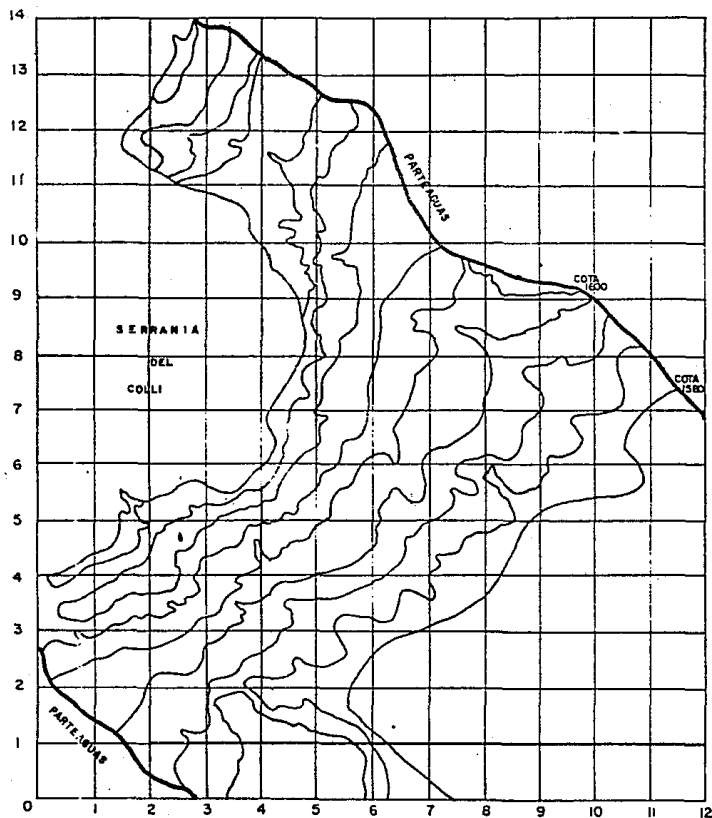
MAPA # 8

CLASIFICACION AGROLOGICA DE LA  
ZONA DE RIEGO DE CAJITITLAN

RODOLFO OCHOA CEJA

TESIS PROFESIONAL

OCTUBRE DE 1989



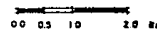
LIMITACIONES -

ORIENTE - COTA 1560

PONIENTE - PIE DE LA SERRANIA DEL COLLI

NORTE Y SUR - PARTEAGUAS DEL VALLE  
DE TOLUQUILLA

ESCALA 1:50,000



MAPA # 9

APLICACION METODO DE HORTON

RODOLFO OCHOA CEJA

TESIS PROFESIONAL

OCTUBRE DE 1989

ESTA TESIS SE IMPRIMIO  
EN



1990

GUADALAJARA

MATRIZ  
CHAPULTEPEC SUR 54  
TEL. 16-61-21 30-28-26 16-06-86

MINERVA  
AV. VALLARTA 2783  
TEL. 16-60-58

CONDOMINIO  
18 DE SEPTIEMBRE 730 CASETA 1-A  
TEL. 16-66-96

MULBAR  
AV. CORONA 181-187  
TEL. 13-61-99

TEPEYAC  
LOCAL 15 ZONA D

TOLSA  
AV. TOLSA 349  
TEL. 26-06-62

COUNTRY  
CIRC. PROVIDENCIA 1077  
TEL. 41-62-48

PLAZA DEL SOL  
LOCAL 9 ZONA B  
TEL. 21-00-61

PLAZA DEL ANGEL  
LOCAL 18 ZONA B

PLAZA COLON  
LOCAL 14 ZONA E

PLAZA SAN PEDRO  
TEL. 39-22-21

PLAZA PATRIA  
LOCAL 9 ZONA J  
TEL. 41-50-88

ABASTOS  
CALZ. LAZARO CARDENAS 2519-B

PARROQUIA  
AV. JUAREZ 549-A  
TEL. 14-63-42

CHAPULTEPEC  
AV. CHAPULTEPEC SUR 449  
TEL. 26-06-14

PALACIO FEDERAL  
INT. PALACIO FED. HOSPITAL Y ALCALDE

ALAMO  
TEXTILES 3200 ALAMO IND.  
TEL. 35-91-60

PROCURADURIA  
CALZ. INDEPENDENCIA 509  
TEL. 41-10-67