

ESTUDIO GEOHIDROLOGICO PARA DETERMINAR EL CAUDAL
DE AGUA SUBTERRANEA DISPONIBLE EN LA CUENCA DE MEXICO

Rafael Molina Barbeyer

RESUMEN

Mexico City will, in the near future, need some $38.3 \text{ m}^3/\text{sec}$ of water supply, which is enough for a city of 9.6×10^6 inhabitants.

In this paper a geo-hydrologic method for water prospection is described. This method had its origin in several other methods, such as geological hydrological and those based on an infiltration coefficient, all of them used in coordination.

INTRODUCCION

Siempre ha sido una gran preocupación de las autoridades del Departamento del Distrito Federal, de la Secretaría de Recursos Hidráulicos y de la Comisión Hidrológica de la Cuenca del Valle de México, el saber cual es el volumen de aguas subterráneas disponibles en cada una de las subcuencas en que se ha dividido la Cuenca de México.

Nosotros sabemos que el incremento de la población en la Ciudad de México va en aumento y según las estadísticas este aumento llegará a la cifra de 9,600,000 habitantes en el año 2000, en el cual será necesario tener un volumen de agua de $1206.450 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{año}$ que es igual a un gasto de $38.3 \text{ m}^3/\text{seg}$.

Para saber como se distribuye el agua en el subsuelo de las distintas subcuencas y el volumen probable que se infiltra en cada una de ellas, fue necesario primeramente hacer un estudio geológico superficial de la Cuenca de México. También, para este estudio se usaron los datos obtenidos por la oficina de Hidrología sobre la distribución de lluvia en la Cuenca, correspondientes al período 1920-1957 y la distribución de lluvias correspondiente al año de 1958 hasta el mes de septiembre, asimismo fueron usados los datos de escurrimiento medio para el período 1920-1957.

La distribución geológica de los distintos materiales que forman la Cuenca de México y su posición geográfica con respecto a las curvas isoyetas, fueron la base para el cálculo del volumen infiltrado en cada uno de los materiales geológicos que se encuentran dentro de cada subcuenca.

Tal es la importancia que tiene para nosotros, el saber cual es el volumen de agua subterránea disponible para ser usada en el abastecimiento de la Ciudad de México, que ha hecho que varios investigadores se dediquen al estudio de este problema.

I ESTUDIO GEOLOGICO

El estudio geológico superficial de la Cuenca de México fue efectuado

por el Ing. Federico Mooser de esta Comisión y del D.D.F. El obtuvo una carta base de la Geología en escala aproximada de 1:72000 y el que escribe pasó los datos geológicos a un plano de la Cuenca de México a escala 1:200 000 por ser esta escala más conveniente para los estudios de infiltración en cada subcuenca.

Sobre este plano geológico se dibujaron las curvas isoyetas correspondientes al período de 1920-1957 y también se dibujaron curvas isoyetas correspondientes al año de 1958 hasta el mes de septiembre. Este plano geológico se dividió en subcuencas, las que fueron planimetradas para encontrar el área correspondiente de cada una de ellas. Asimismo, fueron planimetradas las áreas de cada uno de los materiales geológicos correspondientes a cada subcuenca y de este modo se obtuvieron los siguientes datos:

- 1.- Área total de la subcuenca.
- 2.- Área de basaltos.
- 3.- Área de andesitas.
- 4.- Área de tarango.
- 5.- Área de continental arcilloso.
- 6.- Área de continental arena volcánica.
- 7.- Coeficiente de infiltración para cada material geológico.
- 8.- Isoyeta media para cada material geológico.
- 9.- Volumen llovido en $\times 10^6 \text{ m}^3$ sobre cada material geológico.
- 10.- Volumen infiltrado en $\times 10^6 \text{ m}^3$ en cada material geológico.

Todos estos datos se encuentran en el Cuadro No. 1.

II VOLUMEN INFILTRADO

Teniendo como base el Cuadro No. 1, se ve que el volumen infiltrado en cada subcuenca es el siguiente:

De acuerdo con el cuadro siguiente se puede decir que el volumen infiltrado en las subcuencas de San Juan Teotihuacán, Zumpango y Cuautitlán casi au -

Subcuenca	Volumen infiltrado x 10 ⁶ m ³	
	1920-1957	1958*
Ciudad de México	65.932	73.546
Xotepingo	114.995	116.477
Xochimilco	193.031	198.216
Chalco y Texcoco	448.012	476.851
Lago de Texcoco	9.483	10.679
San Juan Teotihuacán	150.636	206.175
Zumpango	164.173	239.111
Cuautitlán	90.576	118.232
*Volumen infiltrado	1236.638	1439.287

*Hasta el mes de septiembre.

mentaron el 50% con respecto al volumen infiltrado en el período 1920-1957, en cambio las subcuencas de C. de México, Xotepingo, Xochimilco, Chalco-Texcoco y Lago de Texcoco se mantuvo el volumen infiltrado.

Con respecto al volumen infiltrado en el período de 1920-1957 y el infiltrado 1958 se ha tenido un aumento de $202.449 \times 10^6 \text{ m}^3$ y este volumen equivale a un gasto de $6.427 \text{ m}^3/\text{seg}$.

III VOLUMENES EXTRAIDOS

Los volúmenes de agua que se extraen actualmente de cada una de las subcuencas son las siguientes:

Subcuenca	Volumen extraído en $\times 10^6 \text{ m}^3$	Q. extraído en $\text{m}^3/\text{seg.}$
C. de México	327.120	10.385
Xotepingo	78.750	2.500
Xochimilco	63.000	2.000
Chalco-Texcoco	99.887	3.171
Lago de Texcoco	31.500	1.000
San Juan Teotihuacán	50.400	1.600
Zumpango	66.470	2.110
Cuautitlán	50.890	1.613
Total	767.936	24.379

Teniendo en cuenta los datos del cuadro antes indicado, se ve que, la subcuenca que sufre más con la extracción de agua en el subsuelo es la que corresponde a la Ciudad de México, en cambio en las demás la extracción es mínima.

IV BALANCE GEOHIDROLOGICO

Con los datos de volúmenes infiltrados y con los volúmenes que se extraen se puede construir un cuadro al cual le podemos llamar balance geohidrológico de la Cuenca de México para el período de 1920-1957.

De acuerdo con este balance se ve cuales subcuencas adolecen de escasez de aguas subterráneas, sobresaliendo está, la subcuenca de la Ciudad de México que tiene un deficit de $- 8.292 \text{ m}^3/\text{seg.}$ Confirmando ésto, la sobreexplotación que se hace de las aguas subterráneas en la Ciudad de México.

Este balance geohidrológico correspondiente al período de 1920-1957 indica que en la Cuenca de México se dispone de un volumen de 468.902×10^6

Subcuenca	Volumen in- filtrado en $\times 10^6 \text{ m}^3$	Volumen ex- traído en $\times 10^6 \text{ m}^3$	Diferencia de volumen en $\times 10^6 \text{ m}^3$	Q. dispo- nible en m^3 por seg.
C. de México	65.932	327.120	- 261.188	- 8.292
Xotepingo	114.995	78.720	+ 36.245	+ 1.151
Xochimilco	193.035	63.000	+ 130.031	+ 4.128
Chalco - Texcoco	448.012	99.887	+ 348.125	+ 11.052
Lago de Texcoco	9.483	31.500	- 22.117	- 0.699
San Juan Teotihuacán	150.636	50.400	+ 100.236	+ 3.182
Zumpango	164.173	66.470	+ 97.703	+ 3.102
Cuautitlán	90.576	50.809	+ 39.767	+ 1.262
T o t a l	1236.838	767.936	+468.902	+ 14.889

m^3 de agua infiltrada para ser extraída en provecho de la Ciudad de México

V CALCULOS DE COMPARACION

Conociendo las subcuencas de las cuales se extrae agua subterránea para el abastecimiento de la Ciudad de México, se hicieron cálculos para cada una de ellas aplicando el mismo sistema usado para el período de 1920-1957.

Las subcuencas así estudiadas son: Ciudad de México, Xotepingo y Xochimilco para los años de 1953, 1954, 1955, 1956, 1957 y 1958 hasta el mes de septiembre y para las subcuencas de Zumpango y San Juan Teotihuacán (Sistema Chiconautla) para los años de 1956, 1957 y 1958 hasta el mes de septiembre. Con los datos obtenidos se calcularon los volúmenes infiltrados en millones de m^3 y por $\text{m}^3/\text{seg.}$ y como final se obtuvieron los gastos de volumen infiltrado, volumen extraído y volumen disponible, según los cuadros siguientes:

VOLUMENES INFILTRADOS EN MILLONES M³

Subcuenca	1953	1954	1955	1956	1957	1958
C. de México	57.732	76.300	75.397	65.397	53.777	73.546
Xotepingo	105.416	134.771	119.905	119.910	92.414	116.477
Xochimilco	159.616	222.076	262.718	170.582	145.423	198.216
Zumpango				159.925	111.369	239.111
S. Juan Teotihuacán				148.511	126.111	206.175

Si comparamos este cuadro con el cuadro correspondiente al Balance Geohidrológico (1920-1957), se ve que los datos para estas subcuencas no varían mucho, esto quiere decir que el ritmo de infiltración es igual.

GASTOS INFILTRADOS EN M³/SEG

Subcuenca	1953	1954	1955	1956	1957	1958
C. de México	1.832	2.422	2.393	2.081	1.707	2.334
Xotepingo	3.346	4.278	3.807	3.807	2.933	3.697
Xochimilco	5.067	7.050	8.340	5.415	4.616	6.292
Zumpango				5.076	3.535	7.590
S. Juan Teotihuacán				4.714	4.003	6.545

Conociendo el gasto infiltrado y el gasto extraído en cada subcuenca se construyó el cuadro siguiente:

GASTO DISPONIBLE EN M³/SEG

Subcuenca	Q. infiltrado en M ³ /seg	Q. extraído en M ³ /seg	Q. disponible en M ³ /seg
C. de México	2.128	10.385	- 8.257
Xotepingo	3.644	2.500	+ 1.144
Xochimilco	6.130	2.000	+ 4.130
Zumpango	5.400	2.110	+ 3.290
S. Juan Teotihuacán	5.087	1.600	+ 3.487

Por medio de los cuadros anteriores se puede ver que siempre existe un deficit de agua de - 8.257 m³/seg en la subcuenca de la Ciudad de México, en cambio tenemos un superavit en las subcuencas de Xotepingo, Xochimilco, Zumpango y San Juan Teotihuacán.

Ahora si consideramos el caudal extraído en Chiconautla (Subcuencas de Zumpango y San Juan Teotihuacán) que es de 3.500 m³/seg, más el extraído por pozos particulares que es de 1.250 m³/seg, se tiene un caudal de extracción de 4.750 m³/seg pero como la infiltración en Zumpango y S.J. Teotihuacán es de 6.777, todavía tendremos un exceso de 6.777 - 4.750 = 2.027 m³/seg disponibles para ser extraídos por medio de obras de ampliación en el sistema Chiconautla. Lo mismo sucede con Xochimilco, del cual se pueden extraer otros 4.130 m³/seg y en Xotepingo puede aumentarse la extracción a 1.144 m³/seg más.

VI CALCULO DEL VOLUMEN DE AGUA INFILTRADA EN LAS
AREAS DE ZUMPANGO Y SAN JUAN TEOTIHUACAN USANDO
LA COMPARACION GEOMETRICA DE AUMENTO CON LOS NI-
VELES OBSERVADOS. (AÑO 1958)

Se tienen datos de niveles en la frontera de Chiconautla antes de 1958 que corresponden a - 2 mts y en el mes de octubre del presente año, en el cual el nivel fue positivo de + 0.5 mts, los niveles en las norias que existen en Tizayuca y en Otumba no han variado y se mantienen en - 60 mts.

Teniendo en cuenta lo anterior, se procedió a hacer una estimación del agua infiltrada en estas dos áreas (Zumpango y San Juan Teotihuacán), considerando para ambas una isoyeta de 900 m.m. de lluvia, con lo cual tendremos, de acuerdo con la distribución geométrica, los valores siguientes:

Area total (Subcuenca de Zumpango más subcuenca de S. Juan Teotihuacán) = 2455 km².

LLuvia promedio en las dos subcuencas = 900 m.m.

De donde:

Volumen total = $A \times 1/2h = 2455 \times 1.25 = 3068.75 \times 10^6 \text{ m}^3$.

Y para encontrar el volumen correspondiente a la cuña de + 0.5 mts se tiene:

$$\frac{x}{60\,000} = \frac{0.5}{2} \text{ de donde } x = \frac{60\,000 \times 0.5}{2} = 15\,000 \text{ mts}$$

y si consideramos áreas proporcionales se tiene:

$$\frac{60 \text{ km}}{15 \text{ km}} = \frac{2455}{x} \text{ de donde } x = 2455 \times 1/4 = 613.8 \text{ km}^2$$

y de esto se tiene que el volumen es de $613.8 \times 0.20 = 122.76 \times 10^6 \text{ m}^3$.

El volumen real será:

$(3068.75 - 122.76) \times 0.20 = 589.198 \times 10^6 \text{ m}^3$ ocupado por el agua, (0.20 corresponde al coeficiente de espacios vacíos).

Ahora bien, si la lluvia es de 0.900 mts se tiene que en esta área ha llovido un volumen de $2455 \times 10^6 \times 0.9 = 2209.5 \times 10^6 \text{ m}^3$ y por los datos de escurrimiento calculados se tiene que son de $33.2 \times 10^6 \text{ m}^3$ y el volumen infiltrado

antes calculado de $589.198 \times 10^6 \text{ m}^3$, se puede calcular los coeficientes de escurrimiento, infiltración y por diferencia se puede tener el coeficiente de evapotranspiración de estas dos subcuencas del modo siguiente:

	$\times 10^6 \text{ m}^3$	
Volumen llovido	2 209.5	
Volumen escurrido	33.2	1.51 %
Volumen infiltrado	589.1	26.39 %
Volumen evapotranspiración	1 447.5	72.10 %

El volumen infiltrado corresponde a un gasto de $18.508 \text{ m}^3/\text{seg}$. Este dato indica que el año de 1958 fue extremadamente lluvioso y en estas dos subcuencas de Zumpango y San Juan Teotihuacán fue tres veces mayor con respecto a la media del período 1920-1957.

VII ESTUDIOS ANTERIORES EFECTUADOS CON RESPECTO AL PROBLEMA GEOHIDROLOGICO DE LA CUENCA DE MEXICO

Por orden cronológico se expondrán los estudios que se han efectuado sobre el problema geohidrológico de la Cuenca de México.

1951

Rafael Molina Berbey, en su trabajo presentado en el Congreso Científico Mexicano, cita cuadros en los cuales hace un intento para estimar los volúmenes llovido, escurrido, infiltrado y evaporado con respecto a las isoyetas del período 1900-1948, según cuadro siguiente:

Volumen llovido	(1900 - 1948)	$5919.5 \times 10^6 \text{ m}^3$	100 %
Volumen escurrido	" "	1183.8	20 %
Volumen evaporado	" "	2959.6	50 %
Volumen infiltrado	" "	1775.9	30 %

Los coeficientes usados por Molina Berbeyser en el año de 1951 fueron muy altos para infiltración, escurrimiento y bajo para la evaporación.

1954

Alfonso de la O. Carreño, en su trabajo titulado "Provincias Geohidrológicas de México, segunda parte, cita el cuadro siguiente:

	MILLONES M ³			
	Precipitación	Esc.	Evap.	Inf.
Apam	312	97	177	25
Pachuca	1140	354	587	175
Zumpango	928	287	565	65
Texcoco	1927	337	1368	224
Xochimilco-Chalco	1344	108	914	347
T o t a l e s	5651	1183	3611	836
Porcientos	100	21	64	15

Con respecto a las estimaciones efectuadas por el Sr. Carreño, tenemos que, el valor de escurrimiento es alto y bajo el de infiltración y asimismo es bajo el valor correspondiente al por ciento de evapotranspiración.

1957

Ignacio Sain Ortíz, solamente trabajó con respecto al volumen llovido, volumen infiltrado y volumen extraído en cada una de las subcuencas en que se ha dividido la Cuenca de México.

De todos los datos solamente se citarán el volumen llovido y el cuadro siguiente:

Volumen llovido en el período (1921-1956)

$6248.47 \times 10^6 \text{ m}^3$.

VOLUMENES INFILTRADOS
(1921-1956)

CUENCA	Volumen infiltrado $\times 10^6 \text{ m}^3$
Cuautitlán	98.78
Tecamac/Santa Lucia	88.94
Teotihuacán	123.47
Lago de Texcoco	4.59
Chalco Texcoco	343.16
Ciudad de México	60.85
Xotepingo	139.74
Xochimilco	199.25
T o t a l	1058.78

Teniendo en cuenta el volumen llovido y el volumen infiltrado, se tiene un coeficiente de infiltración de 0.169.

Este investigador no cita valores con respecto a escurrimiento y evapotranspiración.

1958

Alfred Loehnberg, en su trabajo con respecto a la valuación de caudales disponibles de aguas subterráneas de la Cuenca de México, da cifras cuyos valores son muy elásticos de los cuales se ha podido formar el cuadro siguiente.

Area Total	Vol. llovido x 10 ⁶ m ³	Inf. %	Q. Inf. m ³ /seg
5589	4694,5	15,2-39,8	22,6-59,4

En esta área están incluidas las áreas correspondientes a otras zonas que se encuentran fuera de la Cuenca de México. Por tal motivo es imposible saber cuales son los valores reales que corresponden a nuestra cuenca. Suponiendo que el 80% de estos valores corresponden a la Cuenca de México, se ve de todos modos que, los coeficientes de infiltración tienen una variación muy grande que hace que cualquier coeficiente que se obtenga puede caer dentro de estos valores.

1958

Con respecto al estudio del Ing. José S. Noriega se puede decir que, los datos que él nos proporciona son de valor ya que este investigador para tener sus cifras, ha tomado en cuenta las varias condiciones que intervienen en los problemas de Hidrología. Desgraciadamente el Ing. Noriega en su informe no da cifras sobre volumen llovido en la Cuenca de México, solamente habla sobre volumen posible de explotación en el subsuelo y del volumen escurrido.

VIII BALANCE FINAL GEOHIDROLOGICO

Como conclusión final tenemos el Balance Geohidrológico de la Cuenca de México, basado en los datos obtenidos en las oficinas de Hidrología, Mecánica de Suelos y Geoquímica, de esta Comisión, cuyos datos pueden ser considerados como los más firmes en el presente con respecto a la situación Geohidrológica de la Cuenca de México.

BALANCE FINAL GEOHIDROLOGICO

C.H.C.V.M.

1958

	Millones M ³	%	Q m ³ /seg
Escurrimiento	141.000	2.60	4.476 2
Evapotranspiración	4045.660	74.58	128.629
Infiltración	1236.838	22.81	39.069 1
Volumen LLovido	5423.498		172.174

1 Considerando el gasto que actualmente se extrae.

2 Sin considerar el volumen aportado por aguas negras de la Ciudad de México que es de $450.000 \times 10^6 \text{ m}^3$.

El análisis de este cuadro indica que, el volumen correspondiente al escurrimiento es tomado en las salidas del Tajo de Nochistongo y del túnel de Texquiatic y por tal motivo, el volumen correspondiente a evapotranspiración es alto. Con respecto al volumen infiltrado se puede decir que es el dato más aceptable que se ha obtenido hasta el presente (como dato promedio para toda la Cuenca de México).

Como dato final podremos indicar los volúmenes aprovechables de agua tanto superficial como subterráneas en la Cuenca de México.

VOLUMENES APROVECHABLES EN LA CUENCA DE MEXICO

	$\times 10^6 \text{ m}^3$	Q m ³ /seg
Escurrimiento Primario	518.700	16.467
Disponible Extracción	468.902	14.889
Volumen Total Aprovechable	987.602	31.356

Teniendo en cuenta los volúmenes aprovechables de aguas superficiales primarias y de aguas subterráneas que es de $31.356 \text{ m}^3/\text{seg.}$, se puede con este caudal satisfacer las necesidades de 8.27×10^6 habitantes que corresponderían a la población que se tendrá en el año 1980.

REFERENCIAS

- 1951.- Ing. *Rafael Molina Barbeyer*
Geoquímica de las aguas de la Cuenca de México
Memoria del Congreso Científico Mexicano IV, U.N.A.M., 1953
- 1954.- *Alfonso de la O. Carreño*
Las Provincias Geohidrológicas de México
U.N.A.M. Instituto de Geología, Boletín No. 56 (Segunda parte)
- 1957.- *Ignacio Sains Ortíz*
Estudio preliminar acerca de la situación que actualmente prevalece en el Valle de México, en lo que a aguas del subsuelo se refiere.
Inédito.- C.H.C.V.M.
- 1958.- *Alfred Loebnberg*
Una valuación de los caudales disponibles de aguas subterráneas en la Cuenca del Valle de México.
Instituto de Ciencias Aplicadas U.N.A.M.
Mimeografiada. Abril 1958
- 1958.- *José S. Noriega*
Cantidades de agua disponible para el Valle de México.
Dirección General de Obras Hidráulicas D.F.
(Conferencia sustentada el 13 de noviembre de 1958 en el Colegio de Ingenieros Civiles de México)
Mimeografiada. noviembre 1958.

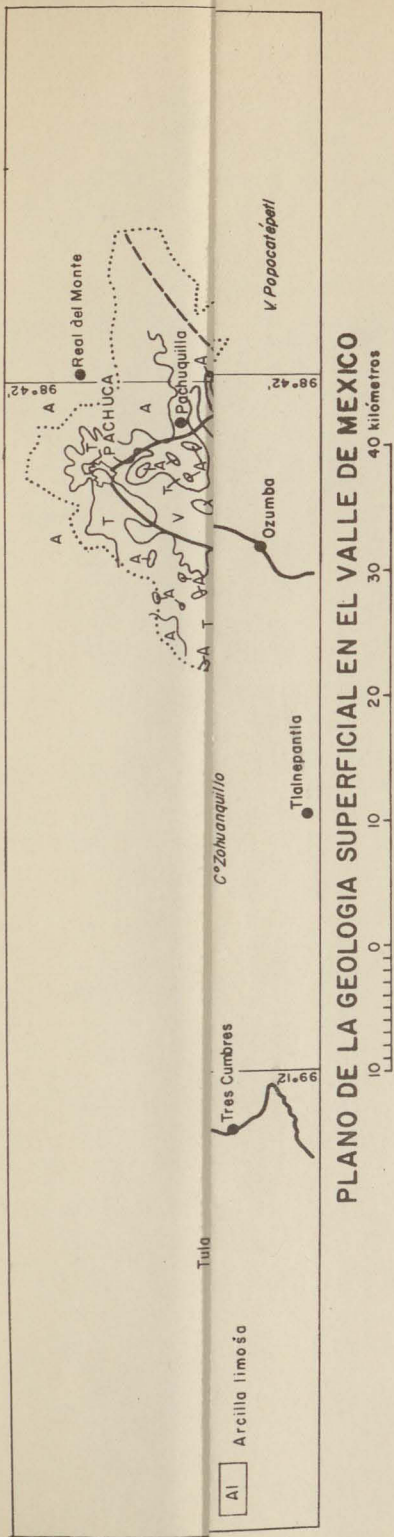
CUADRO 1

CALCULO DE LAS AREAS, ISOYETAS MEDIAS Y VOLUMENES LLOVIDOS EN LAS SUBCUENCAS DE LA CUENCA DEL VALLE DE MEXICO DE ACUERDO CON LA DISTRIBUCION GEOLOGICA DE LOS DISTINTOS MATERIALES.

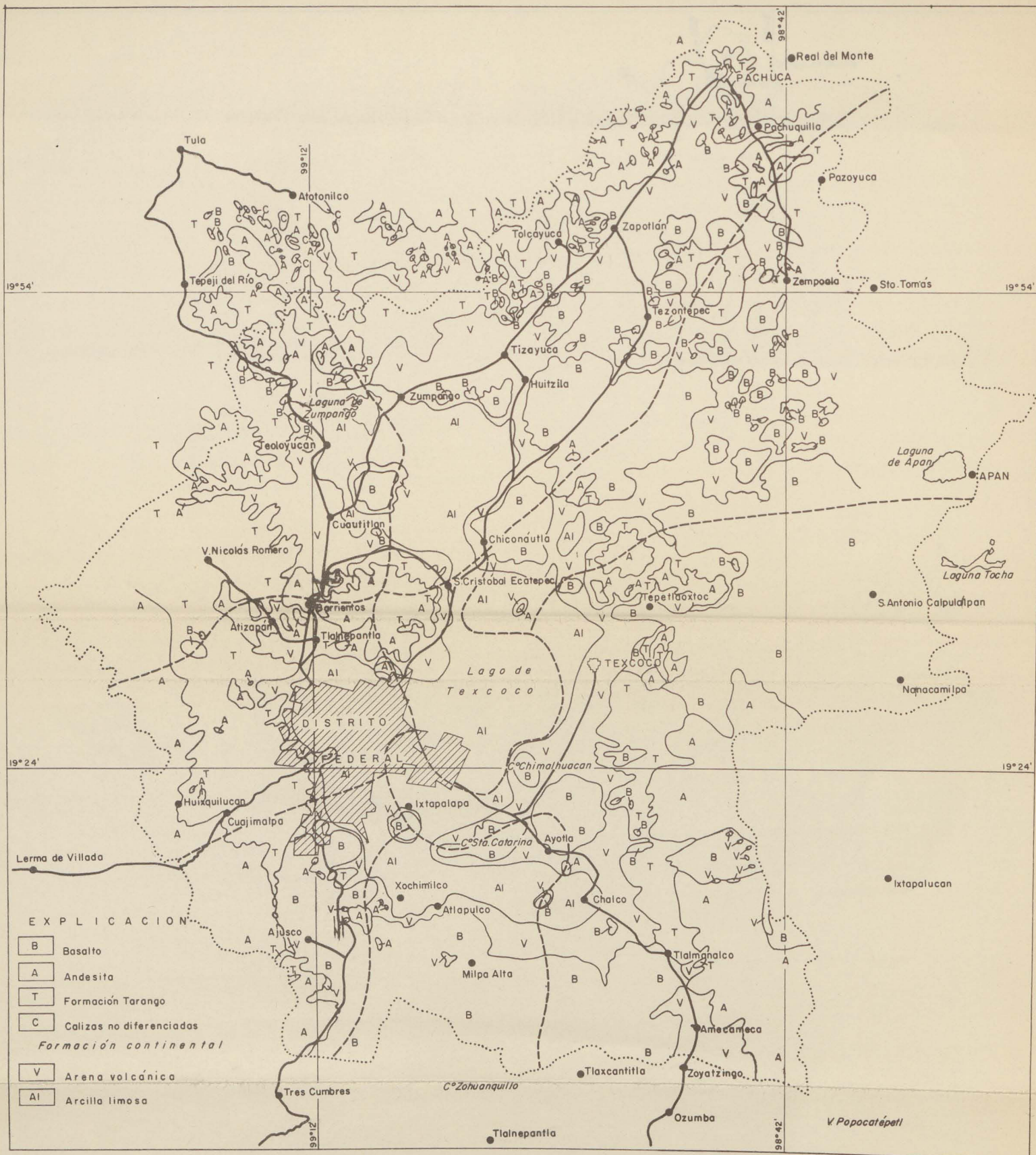
Geología	(1920-1957)				1958				
	Area km ²	%	Cof. de Inf.	Isoyeta media	Vol. llovido x 10 ⁶ m ³ .	Vol. Inf. x 10 ⁶ m ³ .	Isoyeta media	Vol. llovido x 10 ⁶ m ³ .	Vol. Inf. x 10 ⁶ m ³ .
SUBCUENCA DE LA CIUDAD DE MEXICO									
Basaltos	4.4	0.61	0.50	0.850	3.740	1.870	1.237	5.443	2.721
Andesitas.	195.6	27.21	0.15	0.900	176.040	26.406	0.962	188.167	28.225
Tarango Continental:	265.2	36.89	0.10	0.900	238.680	23.868	0.993	247.432	24.743
Arcilla.	172.4	23.99	0.01	0.650	112.060	1.121	0.750	129.300	1.293
Arena Volc.	81.2	11.29	0.24	0.650	52.780	12.667	0.850	69.020	16.564
	718.8				583.300	65.932		639.362	73.546
SUBCUENCA DE XOTEPINGO									
Basaltos	165.9	37.19	0.50	0.962	159.679	79.839	0.975	161.753	80.876
Andesita	161.6	36.23	0.15	1.083	175.061	26.259	1.000	161.600	24.240
Tarango Continental:	38.0	8.51	0.10	1.000	38.000	3.800	0.950	36.100	3.610
Arcilla	56.4	12.64	0.01	0.800	45.120	0.451	0.700	39.480	0.395
Arena Volc.	24.2	5.33	0.24	0.800	19.360	4.646	0.750	18.150	4.356
	446.1				437.220	114.995		417.083	116.477
SUBCUENCA DE XOCHIMILCO									
Basaltos	394.8	65.17	0.50	0.883	348.726	174.363	0.920	363.216	181.608
Andesitas	4.9	0.80	0.15	0.991	4.858	0.728	0.850	3.465	0.519
Tarango Continental:	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Arcilla	126.8	20.94	0.01	0.883	111.964	1.120	0.700	88.760	0.888
Arena Volc.	79.3	13.09	0.24	0.883	70.084	16.820	0.800	63.440	15.201
	605.8				535.632	193.031		518.881	198.216
SUBCUENCA DE CHALCO Y TEXCOCO									
Basaltos	710.4	34.26	0.50	0.791	561.926	280.963	0.866	615.206	307.603
Andesitas	471.2	22.72	0.15	0.95	447.640	67.146	0.916	431.619	64.742
Tarango Continental:	391.7	18.89	0.10	0.850	332.945	33.295	0.860	336.862	33.686
Arcilla	164.4	7.93	0.01	0.862	141.713	1.417	0.600	98.640	0.986
Arena Volc.	336.0	16.20	0.24	0.862	271.632	65.191	0.866	290.976	69.834
	2073.7				1773.856	448.012		1773.303	476.851

CUADRO I
(Continuación)

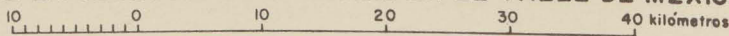
	(1920 - 1957)				1958				
LAGO DE TEXCOCO									
Basaltos	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Andesitas	388	11.07	0.15	0.600	23.280	3.492	0.600	23.280	3.259
TARANGO	7.2	2.05	0.10	0.550	3.960	0.396	0.600	4.320	0.432
Continental:									
Arcilla	276.6	78.89	0.01	0.600	165.960	1.659	0.600	165.960	1.660
Arena Volc.	37.0	7.99	0.24	0.600	16.400	3.936	0.600	22.200	5.328
	350.6				210.000	9.483		215.760	10.679
SUBCUENCA DE SAN JUAN TEOIHUACAN									
Basaltos	408.4	45.41	0.50	0.520	212.358	106.184	0.700	285.880	142.940
Andesitas	32.8	3.60	0.15	0.530	17.172	2.575	0.725	23.780	3.567
Tarango	93.2	10.36	0.10	0.550	51.260	5.126	0.725	65.570	6.787
Continental:									
Arcilla	74.0	8.23	0.01	0.520	38.480	0.385	0.620	45.880	0.459
Arena Volc.	291.4	32.40	0.24	0.520	151.528	36.366	0.750	218.550	52.352
	899.4				470.808	150.636		641.550	206.175
SUBCUENCA DE ZUMPANGO									
Basaltos	280.4	18.02	0.50	0.483	135.433	67.716	0.720	201.888	100.644
Andesitas	152.6	9.81	0.15	0.487	74.316	11.147	0.675	103.105	15.450
Tarango	356.8	22.94	0.10	0.500	178.400	17.840	0.720	256.896	25.690
Continental:									
Arcilla	212.4	13.65	0.01	0.500	106.200	1.062	0.800	169.920	1.700
Arena Volc.	553.4	35.63	0.24	0.500	276.700	66.408	0.720	398.448	95.627
	1555.6				771.049	164.173		1130.257	239.111
SUBCUENCA DE CUATITLAN									
Basaltos	40.4	4.79	0.50	0.700	28.280	14.140	1.100	44.440	22.220
Andesitas	146.8	17.41	0.15	0.750	110.100	16.515	1.040	152.672	22.900
Tarango	382.4	45.36	0.10	0.850	325.040	32.504	0.975	372.645	37.265
Continental:									
Arcilla	102.0	12.10	0.01	0.650	66.300	0.663	0.850	86.700	0.867
Arena Volc.	171.5	20.34	0.24	0.650	111.475	26.754	0.850	145.775	34.986
	843.1				641.195	90.195		802.232	118.232
Areas sin gec		Area de la Cuenca			Km ²				
Apan	517.2 Km ²				Basalto	- 2004.7	26.72 %		
Zona W	152.9	8172.6 Km ²			Andesitas	- 1204.3	16.06		
					Tarango	- 1534.5	20.46		
					Arcilla	- 1185.0	15.79		
					Arena Volc.	- 1574.0	20.97		

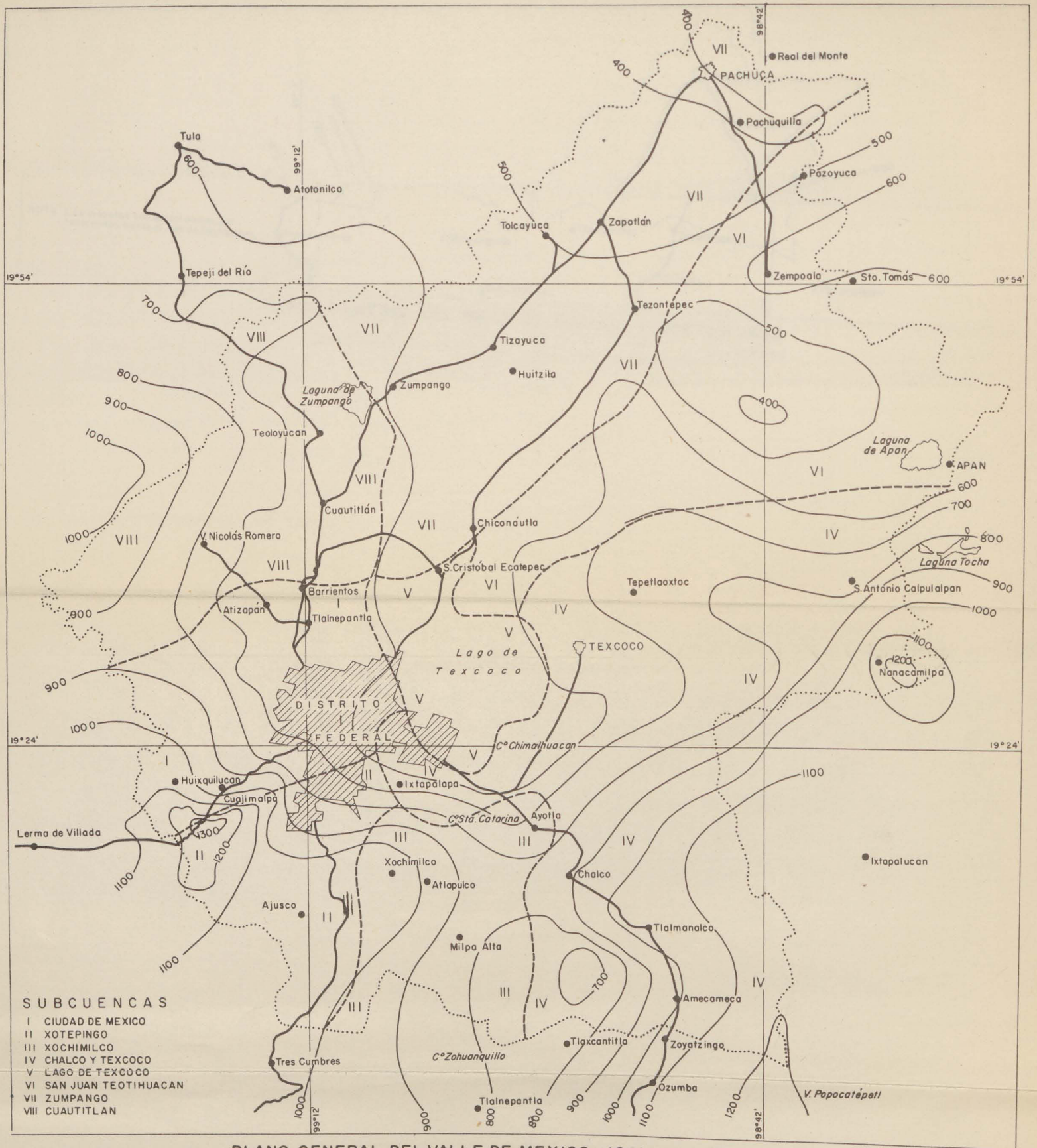


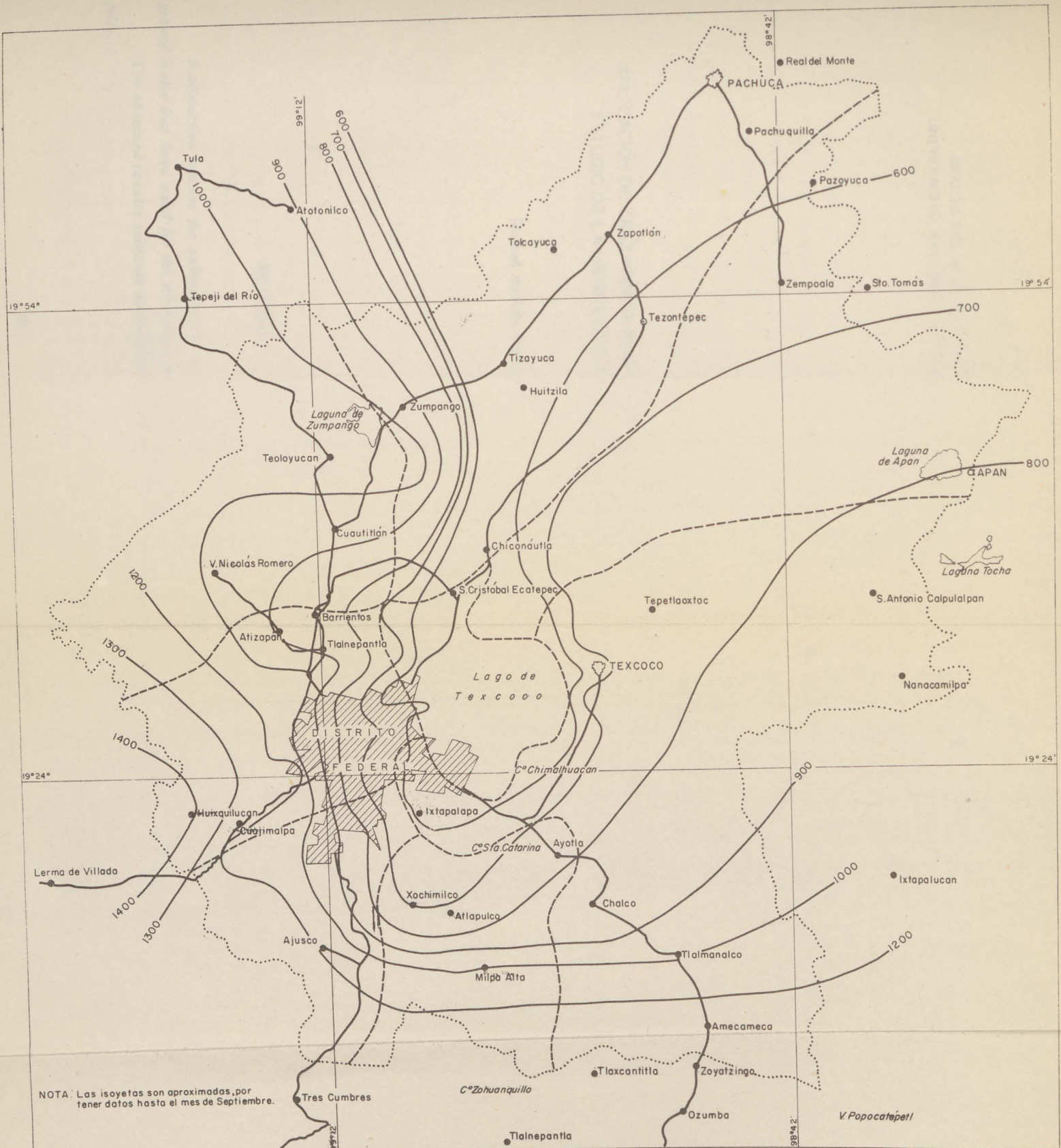
PLANO DE LA GEOLOGIA SUPERFICIAL EN EL VALLE DE MEXICO



PLANO DE LA GEOLOGIA SUPERFICIAL EN EL VALLE DE MEXICO







NOTA: Las isoyetas son aproximadas, por tener datos hasta el mes de Septiembre.

PLANO GENERAL DEL VALLE DE MEXICO, ISOYETAS 1958

