

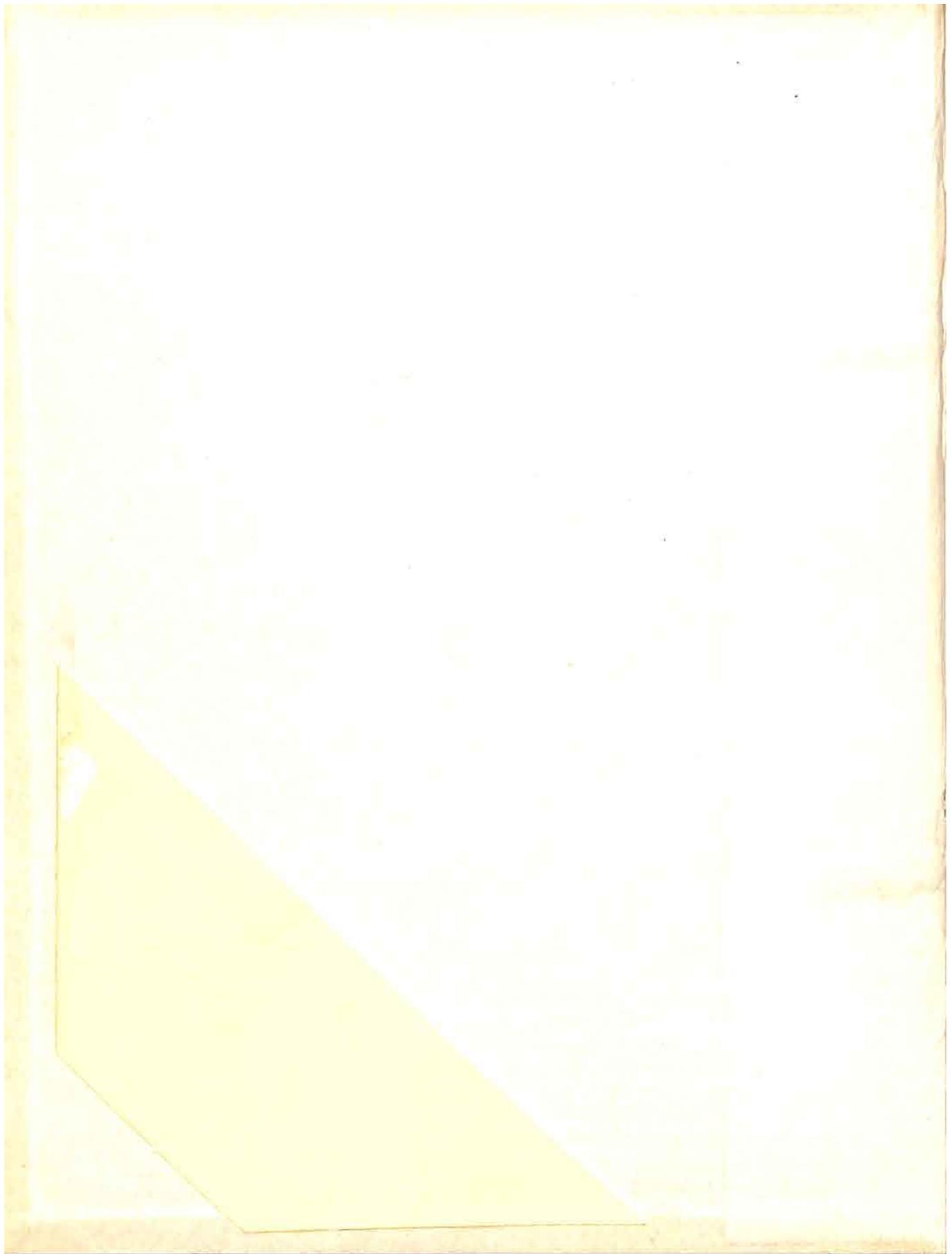
JNAM



156

TESIS-BCCT

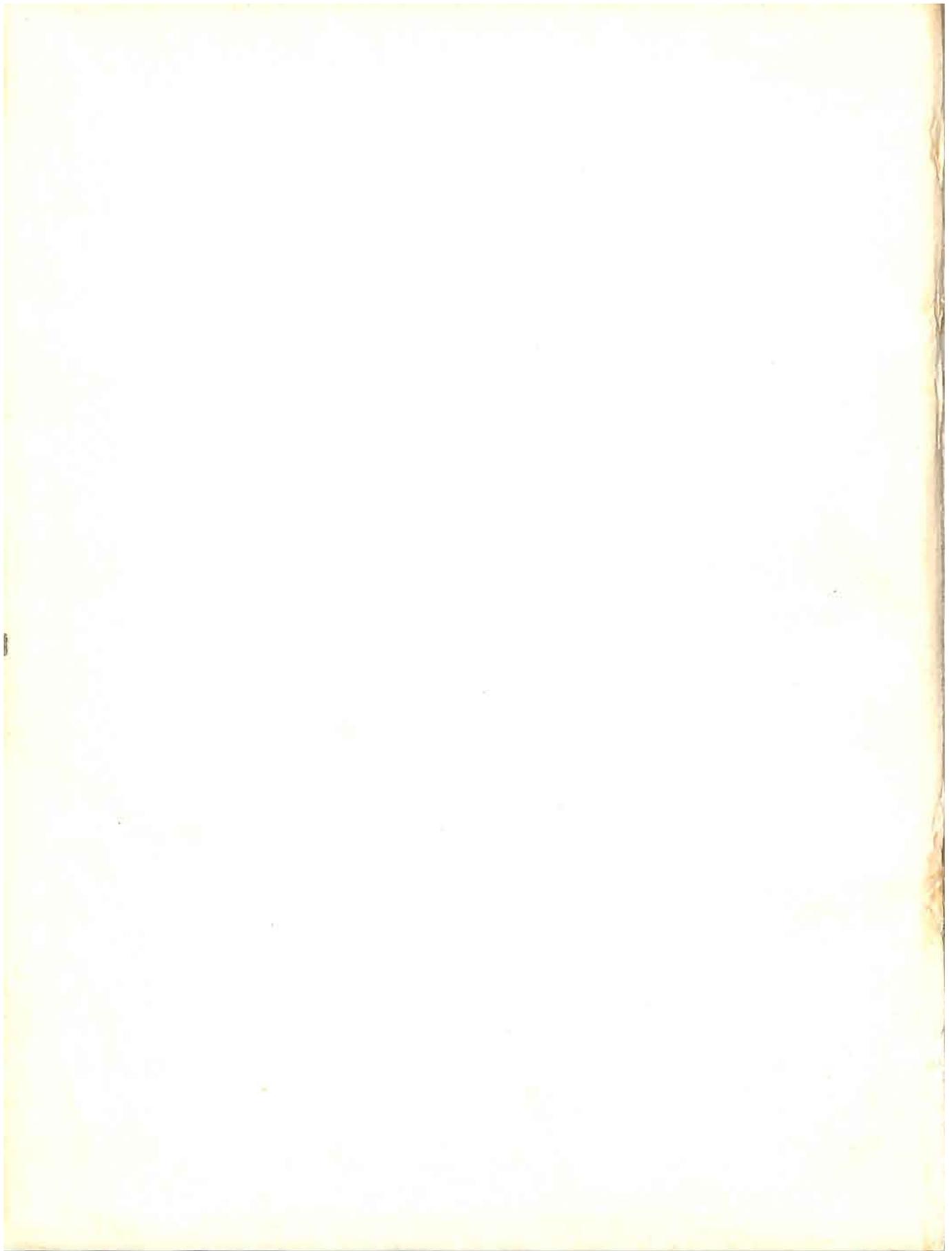
490(344)
I55e





INSTITUTO DE GEOLOGIA
BIBLIOTECA

I-166
156



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

ESCUELA NACIONAL DE INGENIEROS

ENSAYO GEOHIDROLOGICO DE
SAN BARTOLOME AGUASCALIENTES,
ESTADO DE GUANAJUATO.

TESIS PROFESIONAL

JOSE ISITA SEPTIEN.

MEXICO

1948

570/18

490(344)
35e

ISITA

CLASIF. ISJ1948 I1
ADQUIS. I-166
FECHA
PROCED.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

ESCUELA NACIONAL DE INGENIEROS

ENSAYO GEOHIDROLOGICO DE
SAN BARTOLOME AGUASCALIENTES,
ESTADO DE GUANAJUATO.

TESIS PROFESIONAL

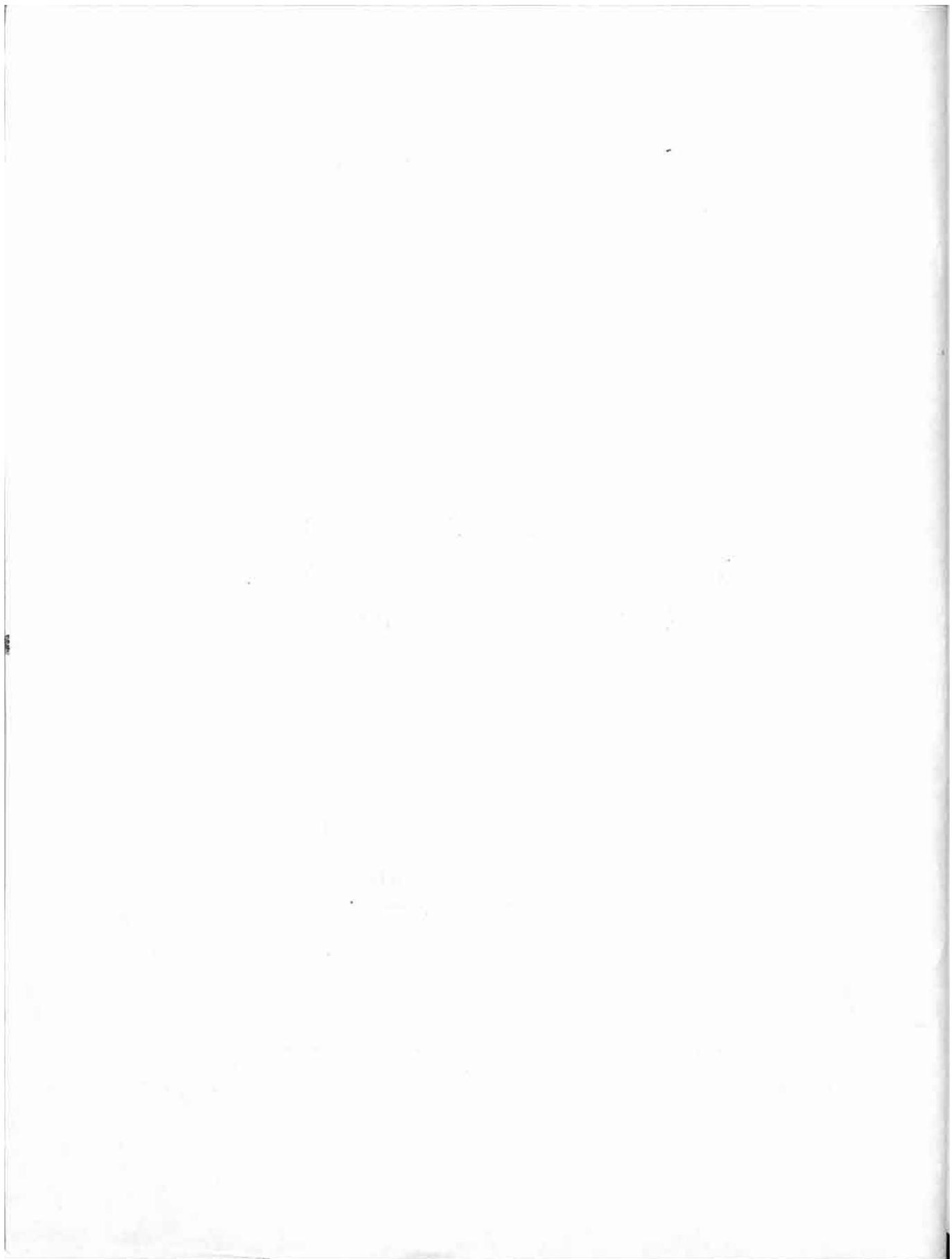
que para obtener el Título
de Geólogo presenta el pasante:

JOSE ISITA SEPTIEN .

MEXICO

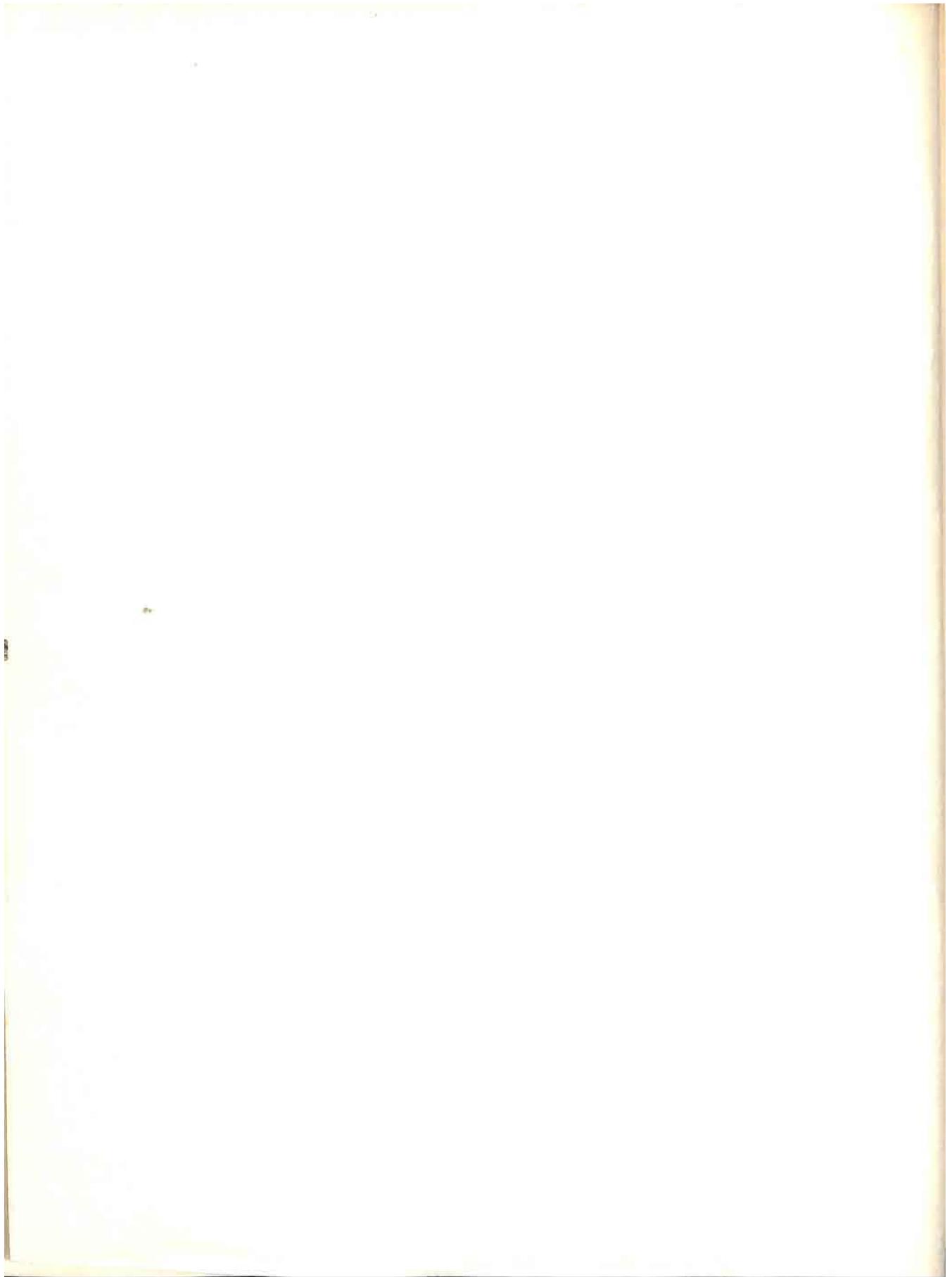
-

1948



A mi Padre.

359





UNIVERSIDAD NACIONAL
DE MÉXICO

ESCUELA NACIONAL DE INGENIEROS
Dirección
Núm. 731-1045
Exp. Núm. 731/214.2/-

Al Pasante señor José ISITA SEPTIEN.
P r e s e n t e .

En atención a su solicitud relativa me es grato -
transcribir a usted a continuación el tema que aprobado por
esta Dirección, propuso el señor profesor ingeniero Ramiro
Robles Ramos, para que lo desarrolle como tesis en su exa-
men profesional de GEOLOGO.

"Ensayo Geohidrológico de San Bartolomé Aguasca-
lientes; Edo. de Guanajuato."

Ruego a usted que tome nota del contenido de la -
Circular que me permito enviarle adjunta al presente, con -
el fin de que cumpla con el requisito a que ella alude, in-
dispensable para sustentar su examen profesional.

Atentamente.

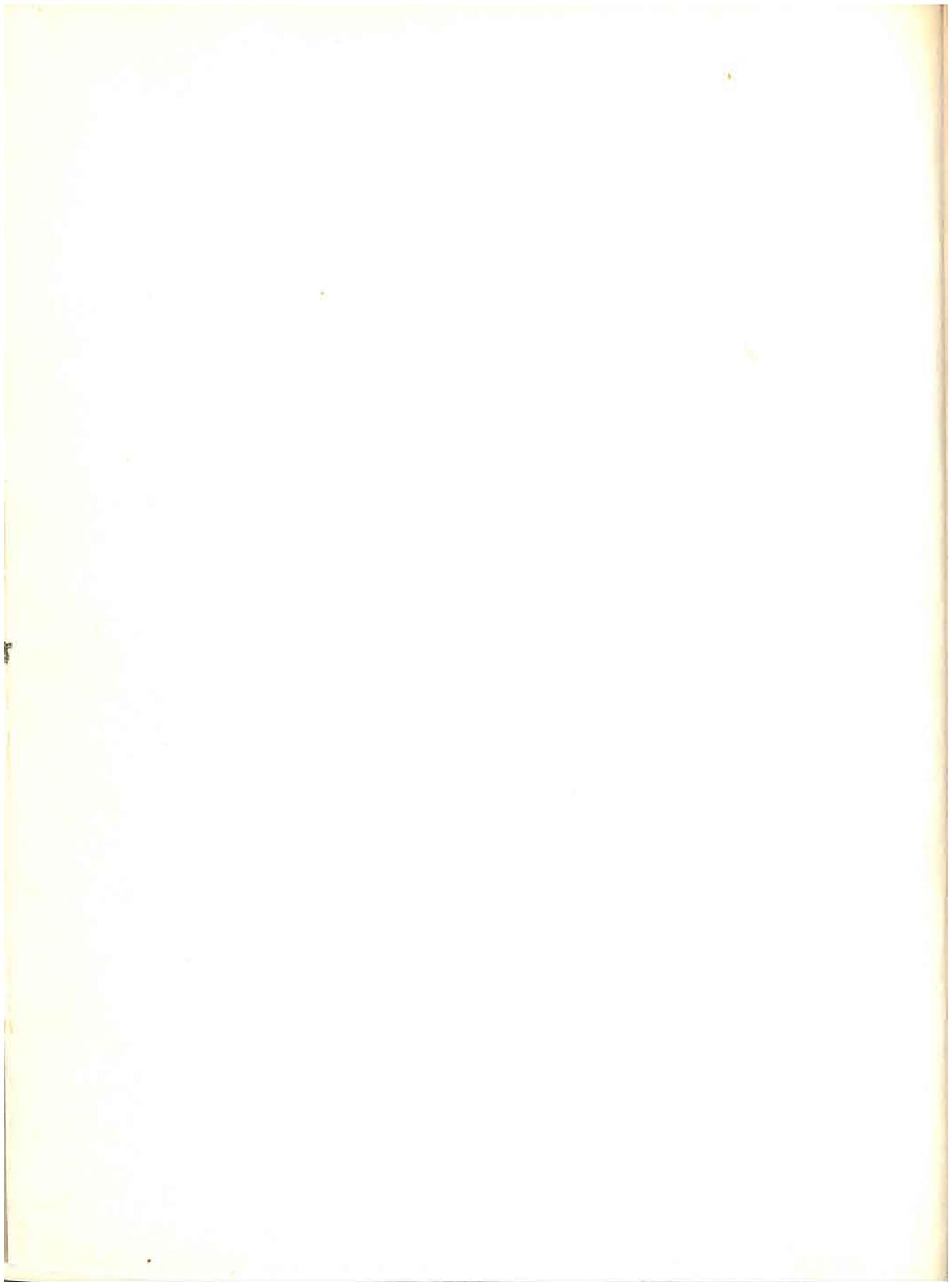
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

México, D.F., a 16 de agosto de 1948.

EL DIRECTOR

Ing. Alberto J. Flores.

Circular anexa.
AJF.TB.mr.



Expreso mi agradecimiento:

A mi maestro, Ing. Ramiro Robles Ramos, que revisó y corrigió el presente trabajo, así como mi maestro el Sr. Hermión Larios. Ambos tuvieron la amabilidad de acompañarme al lugar en que se encuentra el objeto de este estudio, rectificando muchos errores que había yo cometido por mi inexperiencia en trabajo de campo, y me ayudaron a tomar varios datos.

A mis maestros:

Ing. Alfonso de la O. Carreño y Eduardo Smitter, por sus valiosos consejos y ayuda personal.

A la Srta. Rita López de Llergo, por cuya mediación pude trabajar en el U.S.G.S. Ground Water Office, adquiriendo muchas ideas modernas sobre hidrología subterránea.

Al químico Francisco Illescas por sus opiniones sobre reacciones químicas y análisis que me preparó.

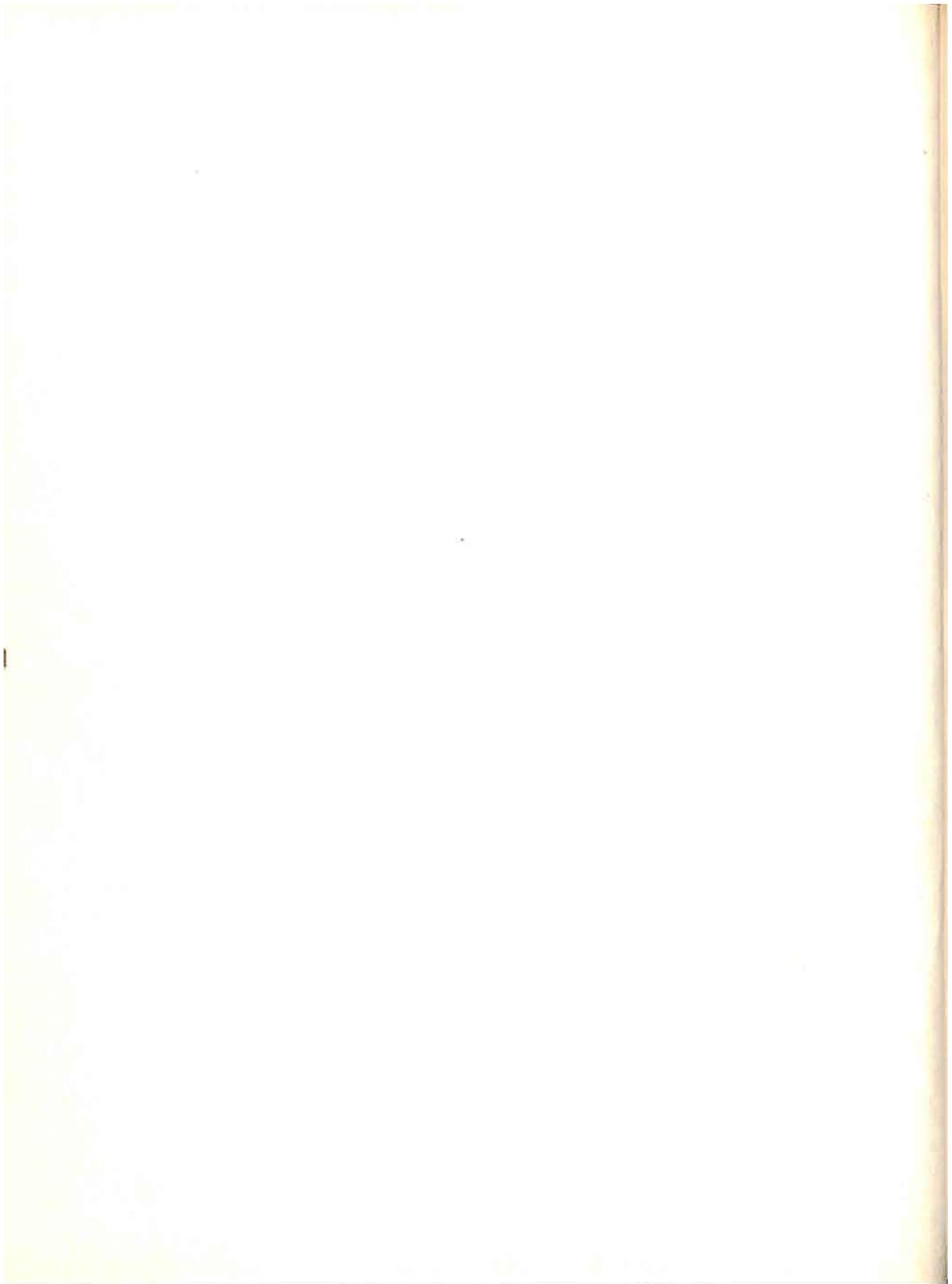
Al Lic. Manuel Septién y Septién, por los datos que me suministró sobre historia y arqueología de la región.

Y a cuantas personas tuvieron la bondad de cooperar a la realización de este ensayo.



INDICE

- I.- Preámbulo y objeto del estudio.
- II.- Ubicación y zona estudiada.
- III.- Fisiografía.
 - a) Climatología.
 - A - Temperaturas, vientos dominantes y precipitación.
 - R - Indices de aridez y clasificación climatológica.
 - b) Geomorfología.
 - A - Geomorfología mexicana, geomorfología regional, geomorfología y clasificación geomorfológica.
 - B - Energías endógenas y energías exógenas.
 - 1 - Intemperismo.
 - 2 - Acarreo y sedimentación.
 - C - Aspecto arqueológico.
- IV.- Geología.
 - a) Geología superficial.
 - b) Esquema estructural.
- V.- Geohidrología.
 - a) Descripción general.
 - b) Gasto del manantial principal y propiedades físicas de los manantiales y fumarolas.
 - c) Circulación de las aguas subterráneas.
 - d) Análisis químico del agua, de los vapores de las fumarolas y clasificación del agua.
 - e) Depósitos secundarios.
 - f) Alteración y sus depósitos.
 - g) Procesos de erosión local que afectan al drenaje.
- VI.- Apéndice.- Aplicaciones.
- VII.- Bibliografía.



I. - PREAMBULO Y OBJETO DEL ESTUDIO.

Una vez realizada la conquista de Querétaro en 1531 por el indio Don Fernando de Tapia, (1) deseoso de propagar la Fe de Cristo que él había abrazado poco antes, empezó a extender sus dominios, y en 1546 fundó el poblado de San Bartolomé, a unos 20 kilómetros hacia el Oeste de Querétaro.

Las exploraciones trajeron noticia de las maravillosas propiedades curativas de las aguas procedentes de un manantial situado en las inmediaciones del nuevo poblado de San Bartolomé.

Había casado don Fernando de Tapia, teniendo de dicho matrimonio 4 hijas y un hijo: Don Diego. Todos casaron al llegar a la edad de contraer matrimonio, pero aquellas enviudaron sin dejar sucesión. Una de ellas, Doña Beatriz, decidió legar su fortuna para una obra benéfica, ordenando que su herencia la destinaba a la construcción de un hospital para beneficio del público, aprovechando las aguas curativas del manantial termal próximo al pueblo de San Bartolomé.

Desgraciadamente su voluntad tardó más de un siglo en verse cumplida, debido a un litigio sostenido entre dos órdenes religiosas que alegaba cada una ser la que le correspondía tal legado,

hasta que a principios del siglo XVIII, el Arzobispo de México puso fin a la disputa, fallando en favor de la Orden de San Hipólito contra el Convento de Santa Clara de Querétaro, fundado por la hija -- única de Don Diego de Tapia (2).

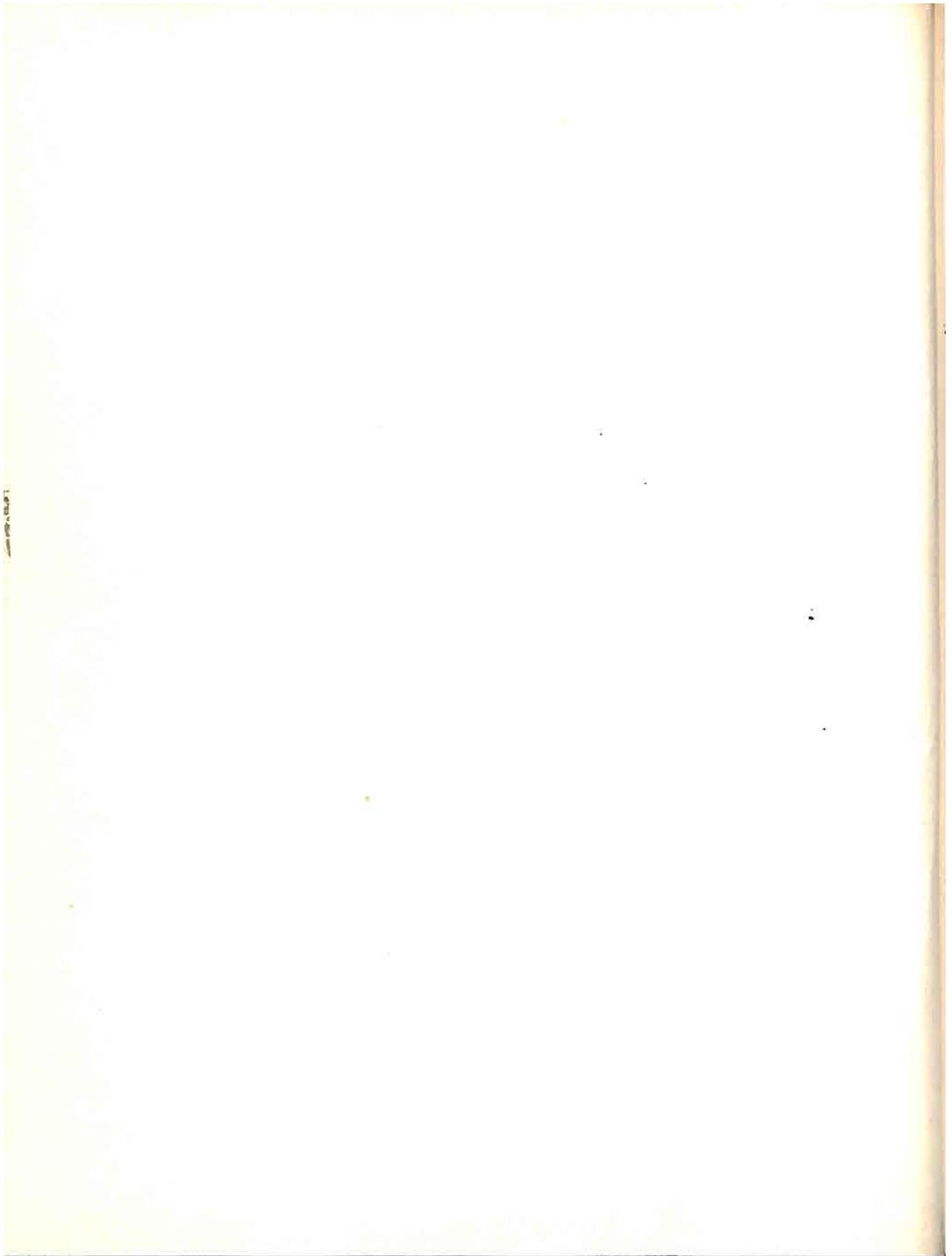
La primera obra que se conoce dando testimonio de que ya se había construido el Hospital, y que los enfermos acudían a curar sus dolencias, tiene fecha de 1771, siendo su autor Fray Manuel --- Ruiz de La Mota (3), Prior del Convento de San Juan de Dios de la ciudad de Celaya. Al año siguiente, aparece un tratado sobre análisis químico y estudio médico, ordenado por el Arzobispo Lorenzana al Doctor Beaumont (4), hombre erudito de la época, graduado en La Sorbona de París y otras universidades famosas de Europa. Discute el autor las limitaciones del uso del agua con fines curativos, dig taminando los casos en que son benéficas y en cuales son nocivas, y describiendo como deben emplearse en cada caso tanto el agua como los vapores y lodos.

En 1820, Fernando VII jura la constitución de Cádiz para España y sus posesiones de Ultramar, ordenando la dicha constitu--- ción la expulsión de las órdenes hospitalarias (5), por lo que el hospital hubo de quedar abandonado durante casi todo el resto del siglo pasado, hasta que pasó a propiedad del Sr. Fernando Rubio --- quien inició las reparaciones más precarias a fin de que pudiera -- volverse a utilizar el lugar con el objeto a que había sido constru--- ido. Sólo dos trabajos en el siglo pasado conozco sobre el lugar, -- pues durante la invasión francesa se quemaron los archivos de Apa--- seo, a cuya jurisdicción pertenece; estos trabajos son un estudio -- sobre la posibilidad de explotar sales, por don José Antonio Sep--- tién y Villaseñor (6), publicado en el boletín minero del estado de Querétaro, y un análisis químico de las aguas del manantial que sir--- vió como tema para tesis profesional al Ing. Químico, don Juan Ma---

nuel Noriega y Septi3n en 1893 (7).

Recientemente su propietario lo vendi3 a una sociedad que se interesa en explotarlo como un balneario, hecho que amerita un estudio geo-hidrol3gico a fin de basarse en 3l para proyectar las mejoras conducentes a fin de aprovechar el agua y los gases calientes en la forma m3s conveniente; comprobar, a3n de un modo burdo, que los an3lisis qu3micos est3n correctos o se3alar posibles deficiencias en ellos, bas3ndose en los dep3sitos acuosos, dando al m3dico una oportunidad para discutir la validez de su acci3n fisiol3gica en el organismo; y dictaminar, de acuerdo con observaciones climatol3gicas, si el lugar justifica una fuerte inversi3n como sitio de recreo.

Este estudio dista mucho de ser completo, ya que ser3a -- conveniente un plano geol3gico que no es posible hacer por el momento pues aparte de requerir planificaci3n topogr3fica y una gran cantidad de tiempo que se le dedique, los moradores de la regi3n no -- permiten tales trabajos pues dados los cambios de manos que ha sufrido la propiedad con el agrarismo, no es posible convencer a las gentes, de la naturaleza y objeto de estos trabajos, alarm3ndose sobremanera al ver un aparato topogr3fico, prohibiendo todo intento de planificaci3n Ser3a tambi3n muy conveniente un an3lisis detallado de las aguas de toda la regi3n, mostrando las diferentes concentraciones salinas en las distintas 3pocas del a3o y su posible -- relaci3n con la topograf3a, pero esto requerir3a un tiempo largo aparte de no existir la planificaci3n para este fin. Hacen falta, -- tambi3n, un mayor n3mero de estaciones termo-pluviom3tricas. En -- fin un estudio completo requerir3a una estaci3n geol3gica permanente y un ge3logo con experiencia para dirigirla. Tanto mi escasa experiencia, como el no poder prolongar mi trabajo indefinidamente me impiden corregir por el momento los muchos defectos del presente -- trabajo y para los que pido indulgencia.



II. - UBICACION Y LIMITES.

Ubicación.

El valle de Querétaro se halla separado del de Apaseo por una elevación alargada que puede describirse como una planicie elevada sobre el nivel de los valles circundantes, e inclinada de Sur a Norte hasta desvanecerse en el paso bajo topográfico que los une por el pueblo de La Calera, hasta Apaseo el Bajo.

Saliendo de Querétaro por la carretera de Celaya, al salir de El Pueblito de Nuestra Señora, hoy llamado Villa Corregidora, la carretera deja de ser plana para tomar cierta pendiente, observándose dos terrazas muy bien marcadas, y es aquí donde acabamos de entrar en la antedicha elevación montañosa. Sigue la carretera por una topografía ondulada rompiendo su monotonía algunos Cuisillos -- precortesianos y amontonamientos recientes de piedras, hasta cruzar el límite de los Estados de Querétaro con Guanajuato, y desciende -- una otra vez las dos terrazas, cruzando perpendicularmente a la dirección de su eje, un pequeño valle, el de San Bartolomé.

Al otro lado del valle, se continúa el lomerío ondulado -- hasta descender al valle de Celaya en las proximidades de Apaseo el Alto. Es de hacerse notar, que de uno y otro lado, queda limitada

la elevación montañosa por dos promontorios aislados; del lado ---- Oriental, el cerro de El Pueblito y El Cerrito, y del lado Occidental, los promontorios de Las Brujas y El Chato entre los dos Apa--- seos.

Descripción del Valle de San Bartolomé.

A veinte kilómetros hacia el Oeste de Querétaro por la ca rretera de Celaya, se llega a un pequeño valle extendido de Sur a - Norte; la superficie de la pendiente Oriental de dicho valle, apare ce gastada por la erosión de las aguas, cubriendo la toba riolítica una delgada costa calcárea, que los vecinos separan, quemándola en hornos rudimentarios para obtener cal; sobre esta capa de caliche - se exhibe un verdadero pedregal, como resto de una corriente basáltica de la que hoy sólo se encuentran algunos testigos aislados. - El flanco de la loma en el lado Occidental del valle es más escarpa da teniendo dos pendientes muy marcadas; la inferior corresponde a un depósito grueso y de material fino, formado por relleno de talud y el superior deja al descubierto, en gran parte, los afloramientos de corrientes basálticas, algunas muy alteradas, teniendo una pen-- diente más bruzca. Las tierras bajas del valle son formadas por -- los limos de tierra vegetal depositados en un verdadero pedregal, - debido a los escurrimientos efectuados en tiempo de aguas, acusando un alto contenido de sales concentradas por evaporación en dicho lu gar, que las hacen impropias para los cultivos, más no a los pastiza- les que por su buena calidad engordan muy bien al ganado. Hacia el Sur, cierran el valle el cerro del Chivato y los de Espejo y Mandu- jano, donde está la presa de este nombre, cuyos derrames escurren - por el valle, dando origen al río de Mandujano. Por el lado Norte, el valle se abre en la ciénaga de El Castillo, desembocando ésta en el río de Querétaro, al Sur del pueblo de La Calera.

En ambos flancos del valle surgen manantiales en distintos lugares y con muy diversas temperaturas, desde poco más de la temperatura ambiente, hasta los 94° C., o sea la máxima temperatura de ebullición del agua a la altura de 1800 metros sobre el nivel -- del mar en que se halla el lugar descrito.

El clima es agradable, sin vientos molestos, pues dominando en la región los vientos Este-Oeste, y extendiéndose el valle de erosión perpendicularmente a dicha ^{dirección} ~~región~~ se halla eficazmente protegido por las elevaciones que lo limitan.

A lo largo del valle, aparecen promontorios en forma de montículos, siendo algunos, testigos de las corrientes efusivas, sobre los cuales existen pirámides de tierra, precortesianas.

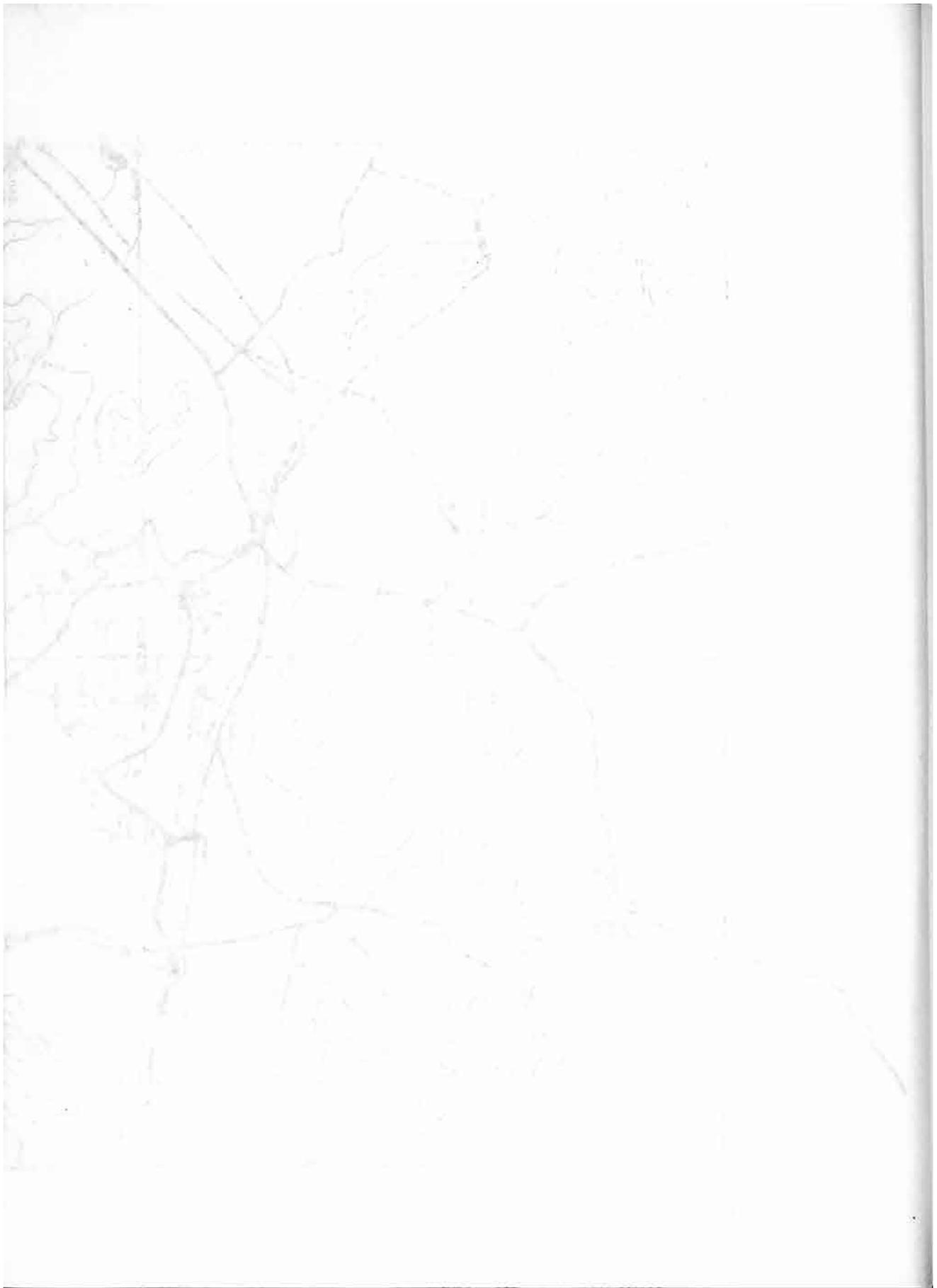
ZONA ESTUDIADA.

Desde el punto de vista geológico, la región es complicada, debido a la orogenia y a los movimientos tectónicos póstumos, - que aún cuando hoy día son poco sensibles, es indudable que han ocurrido, formando Litoclasas de todas magnitudes, y posiblemente siendo un factor de la mayor importancia en la modificación del paisaje natural y en el establecimiento de la circulación de las aguas - y de los gases; aparentemente, la resultante de estos fenómenos tiene también ingerencia con las diferentes concentraciones salinas en los pozos y manantiales, por lo que estimé conveniente recorrer la zona en que se encuentran los principales manantiales, los pozos de la región, las excavaciones y los promontorios, con el objeto de tener una mejor idea sobre la geología de la región, examinando también las nuevas perforaciones que algunos particulares han realizado, así que este estudio comprende la zona que se extiende al Sur, - desde la hacienda de Espejo, donde principia el valle de San Bartolomé, dirigiéndome hacia el Norte a San Antonio Calichar, limitan--

do el área por el Este con la villa de Nuestra Señora de El Pueblito, dirigiéndome después a los pozos perforados en La Punta, ubicados en la zona más septentrional, siguiendo por la hacienda de El Obrajuelo hasta La Calera, donde el río de Querétaro corta la montaña abriéndose paso hacia el valle de Celaya; limitándose el área estudiada por el pueblo de Apaseo El Alto.

También estimé conveniente visitar los nuevos pozos en la ciudad de Querétaro, La Cañada y La Noria, al Este de Querétaro, para mejorar mis apreciaciones en lo posible.

Concretamente, la región estudiada está constituida por dos valles: el de Querétaro y el de Celaya separados por una elevación montañosa, la que es objeto de mi estudio.



III. - FISIOGRAFIA.

a) Climatología.

A - Temperaturas, vientos dominantes y precipitación.

Actualmente, el concepto fisiográfico comprende a la atmósfera, a la geósfera y a la hidrósfera, relacionándolas íntimamente con la evolución del modelado, y que a la postre, es decir, a posteriori de los fenómenos geológicos, imponen el paisaje natural; por lo que en este capítulo me propongo describir el clima del lugar derivado de las estadísticas meteorológicas disponibles, así como la geomorfología de la región y su hidrografía.

Para el objeto se me proporcionaron en el Observatorio Meteorológico de Tacubaya, las estadísticas correspondientes a los diez últimos años, y que paso a consignar debidamente tabulados con sus gráficas correspondientes. (10)

A fin de lograr una mejor apreciación de la relación existente entre los tres factores principales: la precipitación, la temperatura y los vientos, presento en conjunto los datos correspondientes de Querétaro y en seguida los de Celaya.

SERVICIO METEOROLOGICO MEXICANO.
Querétaro, Qro.- Precipitación total en mm.

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	ANUAL
1938	Inap	0.0	2.8	5.0	29.7	99.5	152.8	41.2	11.8	15.5	11.0	Inap	369.3
39	15.5	Inap	3.0	7.0	25.9	88.0	105.4	62.0	58.7	78.0	0.0	1.4	444.9
40	4.3	0.5	13.0	0.0	15.0	91.0	138.0	102.0	12.0	4.0	12.0	14.0	405.8
41	3.5	18.0	24.5	45.0	42.0	166.0	78.0	23.4	78.0	129.0	16.0	8.3	621.7
42	Inap	0.3	0.0	0.0	13.0	93.5	94.9	67.2	99.0	37.7	25.0	Inap	436.6
43	1.8	0.0	Inap	22.1	38.0	198.0	59.2	96.7	176.4	33.2	15.8	27.2	668.4
44	8.2	0.0	8.1	1.0	26.2	30.3	178.3	244.5	133.5	0.7	12.1	Inap	642.9
45	1.8	0.0	1.3	Inap	12.9	103.9	130.9	66.5	17.0	3.9	11.6	Inap	349.8
46	12.7	5.0	1.8	26.1	14.8	99.2	111.0	101.8	55.9	53.7	14.0	11.7	507.7
47	21.7	3.6	Inap	9.0	60.1	91.3	32.4	98.9	59.2	29.0	25.3	39.0	469.5

SERVICIO METEOROLOGICO MEXICANO.
Querétaro, Qro.- Viento dominante y su velocidad media.

1942	E-3.3	E-2.0	N-3.2	N-2.5	E-4.4	E-3.6	E-2.3	E-4.1	E-4.2	E-2.7	E-3.2	E-1.7	E-3.0
43	SW-4.8	ENE-5.0	W-1.8	E-5.1	E-4.0	E-2.4	ENE-3.4	ENE-1.7	ENE-2.7	ENE-2.8	ENE-1.7	C	ENE-2.9
44	C	C	4.5-2.4	W-4.1	C	NE-1.7	NE-3.5	NE-1.6	NE-1.4	NE-2.6	E-5.0	E-4.1	Varios
45	E-5.1	Vrs.	ENE-5	Vrs.	Vrs.	Vrs.	Vrs.	C	NE-2.6	NE-2.3	C	NE	C
46	C	C	NE-2.2	C	C	C	C	C	C	C	C	NE	C
47	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C

SERVICIO METEOROLOGICO MEXICANO.
Querétaro, Qro.- Temperatura media.

Años	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	ANUAL
1938	15.6	15.1	17.2	20.7	22.1	21.8	22.3	21.3	19.6	17.6	17.3	16.0	18.9
39	15.5	15.8	19.2	21.0	21.7	21.2	20.5	20.7	18.8	19.2	15.6	16.3	18.8
40	14.0	16.2	17.6	20.8	22.6	22.6	22.0	21.2	20.4	18.2	17.5	15.0	19.0
41	13.2	14.8	17.4	20.9	21.6	22.1	20.9	20.8	20.3	19.7	17.6	16.6	18.8
42	14.8	17.8	19.8	22.3	23.7	22.5	21.2	20.9	18.8	19.5	16.7	15.8	19.5
43	15.4	15.6	18.8	20.8	22.3	22.7	19.9	21.3	20.7	20.2	17.6	14.3	15.0
44	17.0	18.2	18.5	22.0	22.3	22.7	21.6	20.3	19.8	16.6	18.1	14.9	19.1
45	16.2	18.3	20.7	22.3	22.6	22.6	21.5	20.9	20.7	18.7	17.5	16.4	19.2
46	16.0	17.4	20.2	21.0	24.1	20.9	20.7	21.1	21.2	19.4	18.0	15.4	19.6
47	15.4	16.2	19.5	21.6	21.3	22.3	21.2	19.6	19.1	19.5	17.1	14.7	18.9

SERVICIO METEOROLOGICO MEXICANO.
Querétaro, Qro.- Temperatura máxima.

Año A Ene Feb Mar Abr May Jun Jul Ago Sep Oct Nov Dic ANUAL

1938	27.5	25.1	30.0	37.5	34.5	34.5	32.2	32.5	30.0	29.5	31.0	30.0	37.5 ; IV-15
39	29.5	30.0	32.3	32.6	33.2	31.8	29.9	30.6	29.8	31.0	29.2	27.0	31.2 ; V-11
40	25.6	31.4	30.2	32.5	34.0	34.0	31.5	30.0	31.0	30.0	29.0	27.0	34.0 ; vs.
41	27.0	30.0	30.5	32.0	32.0	32.0	30.0	31.0	29.0	28.7	29.5	26.8	32.0 ; vs.
42	26.2	30.1	32.4	34.1	35.5	33.0	29.5	29.9	28.2	32.4	27.8	27.7	35.5 ; V-3
43	26.5	30.5	30.5	34.4	35.2	30.0	32.0	30.3	29.2	29.6	28.5	27.0	35.2 ; V-17
44	25.1	30.0	29.9	33.8	35.3	34.4	33.4	30.2	28.3	27.9	30.1	26.6	35.3 ; V-23
45	27.0	29.2	32.1	34.7	33.2	35.5	31.5	30.0	29.7	29.5	29.2	26.8	35.5 ; VI-12
46	27.7	27.7	33.8	33.8	36.0	32.2	30.7	29.7	30.0	28.8	27.6	26.5	33.8 ; vs
47	25.5	26.4	30.1	31.6	32.8	32.4	28.8	28.6	28.2	28.7	27.3	25.6	32.8 ; V-15

SERVICIO METEOROLOGICO MEXICANO.
Querétaro, Qro.- Temperatura mínima.

Año A Ene Feb Mar Abr May Jun Jul Ago Sep Oct Nov Dic ANUAL⁵

1938	1.0	1.0	7.0	7.0	11.0	10.0	12.5	12.5	7.2	7.0	4.0	2.5	1.0 ; vs
39	2.0	3.5	7.5	7.6	10.0	11.6	11.4	11.0	9.0	9.0	4.0	3.0	2.0 ; I-14
40	1.6	2.6	4.0	6.5	12.0	12.5	13.0	12.0	6.5	6.0	3.0	3.0	1.6 ; I-2
41	0.0	2.0	4.0	9.0	9.0	13.0	12.5	12.0	13.0	11.2	7.0	5.5	0.0 ; I-19
42	0.8	5.2	3.2	8.7	11.0	12.7	11.8	12.4	8.5	8.3	4.5	0.6	0.6 ; XII-29
43	1.3	1.3	7.3	8.7	10.0	12.5	11.3	12.0	12.2	3.5	3.5	0.5	0.5 ; XII-19
44	1.5	7.8	6.1	8.9	9.9	13.7	13.1	12.8	11.9	4.8	5.5	3.0	1.5 ; I-21
45	4.9	6.1	9.4	8.2	11.5	12.3	13.2	11.3	9.1	6.3	5.3	-0.4	-0.4 ; XII-5
46	5.1	3.1	6.3	9.7	13.0	11.1	12.3	12.5	13.3	10.8	4.8	5.2	3.1 ; II-15
47	5.0	4.7	8.3	11.1	12.7	14.4	12.8	12.6	8.1	10.8	2.6	0.7	0.7 ; XII-26

SERVICIO METEOROLOGICO MEXICANO.
Celaya, Gto.- Precipitación total en mm.

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	ANUAL
1938	0.8	6.7	18.0	Inap	5.4	165.2	206.7	74.5	98.5	11.7	6.5	Inap	594.0
39	1.7	0.0	6.0	7.5	24.4	41.8	87.3	100.0	123.3	91.0	0.0	Inap	483.0
40	14.0	Inap	14.2	0.0	8.3	110.2	145.4	179.1	15.2	8.0	Inap	10.7	505.1
41	19.2	14.7	28.1	25.5	29.0	189.8	177.2	86.9	153.1	83.9	13.4	9.9	830.7
42	Inap	0.3	0.0	Inap	5.8	101.9	90.0	115.3	71.0	16.0	28.8	Inap	429.1
43	Inap	0.0	0.5	3.5	18.5	143.5	51.7	104.0	213.6	0.5	26.0	9.3	571.1
44	11.8	2.3	5.8	Inap	35.7	46.7	156.3	128.9	207.5	10.5	4.3	Inap	609.8
45	4.8	Inap	8.8	0.5	22.4	21.4	137.4	120.3	34.8	1.8	9.0	Inap	361.2
46	7.8	1.5	14.3	59.3	1.8	117.0	38.2	79.0	39.7	55.5	10.6	4.1	428.8
47	14.1	Inap	0.0	17.0	61.6	91.2	14.8	55.5	60.7	14.4	42.4	18.7	390.4

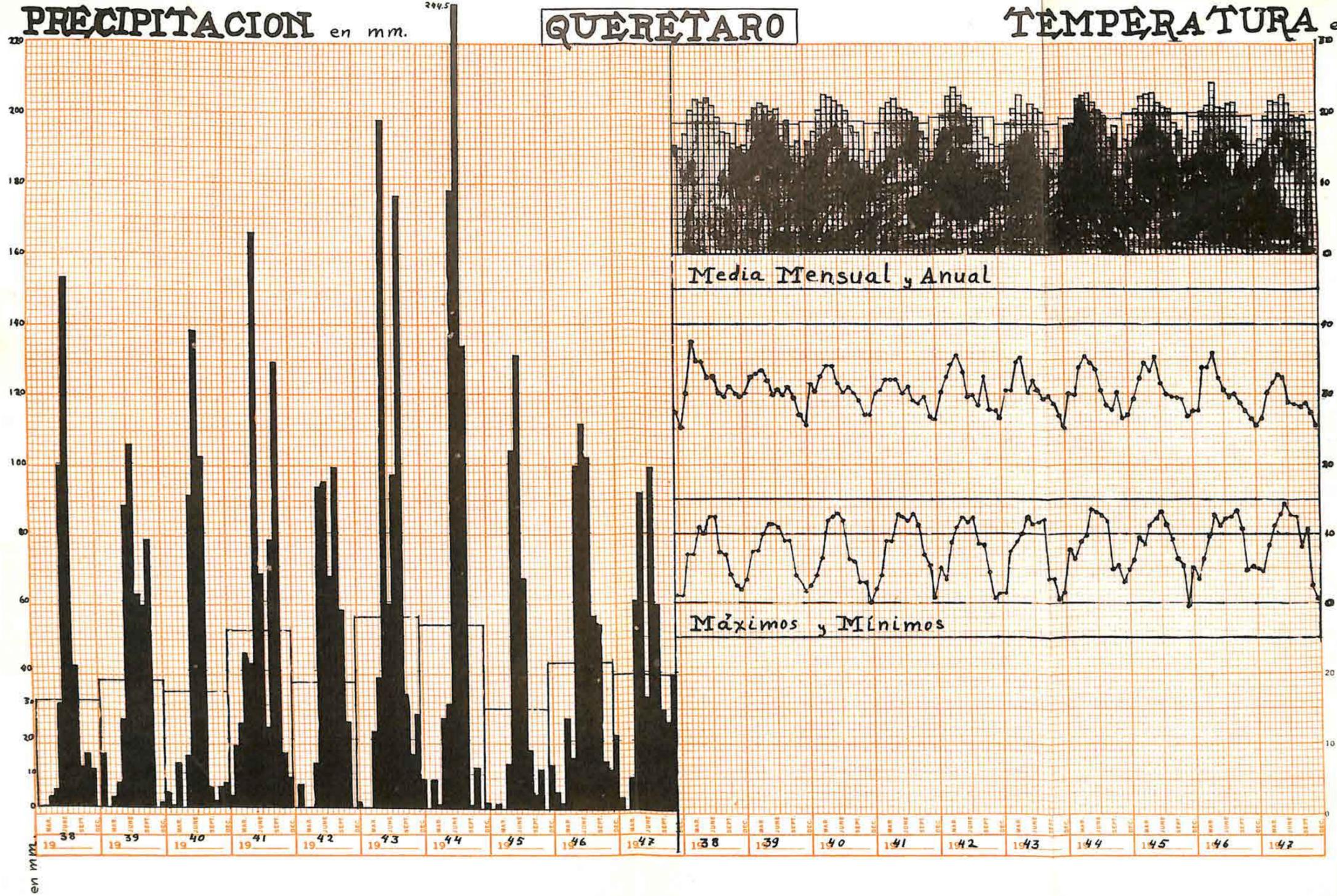
SERVICIO METEOROLOGICO MEXICANO.
Celaya, Gto.- Temperatura media.

Años	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	ANUAL
1938	17.1	19.3	22.4	22.8	24.7	22.9	22.5	22.8	22.0	20.3	20.7	16.4	21.2
39	17.8	19.4	21.7	22.9	24.3	23.2	22.4	22.7	21.2	21.4	17.9	18.5	21.2
40	17.0	18.4	21.2	23.4	24.8	24.5	22.8	22.8	22.1	21.5	20.3	19.1	21.5
41	17.7	18.6	20.7	23.2	23.4	24.6	23.5	23.8	24.0	23.2	21.9	18.0	21.9
42	17.2	20.6	23.1	25.0	26.3	24.9	24.1	23.7	22.1	22.3	19.3	17.4	22.2
43	17.3	18.6	21.6	22.4	25.3	23.3	24.1	23.5	22.9	20.8	17.6	17.7	21.3
44	16.3	20.4	20.6	23.9	24.7	25.7	24.2	23.3	22.2	19.5	20.3	17.6	21.5
45	18.5	20.7	22.4	24.1	25.0	25.5	24.0	23.5	23.2	21.6	19.8	18.5	22.2
46	17.6	19.9	22.3	23.6	26.1	23.9	23.7	23.8	24.1	22.6	20.3	17.7	22.1
47	17.3	19.0	22.0	24.5	24.4	25.1	23.9	22.4	21.9	22.4	19.4	16.6	21.6

PRECIPITACION en mm.

QUERÉTARO

TEMPERATURA en C°





SERVICIO METEOROLOGICO MEXICANO.
Celaya, Gto.- Temperatura maxima.

Años Ene Feb Mar Abr May Jun Jul Ago Sep Oct Nov Dic ANUAL

1938	31.0	32.4	34.5	34.2	34.5	34.2	31.0	31.8	32.2	31.7	34.6	30.8	34.6;XI-30
39	31.0	32.0	34.0	33.5	34.2	33.4	32.0	31.5	32.4	32.4	31.6	32.2	34.2;V-vrs
40	31.3	33.4	34.0	33.8	36.8	35.5	32.5	32.8	33.5	33.0	33.5	33.7	36.8; vs.
41	33.2	32.2	33.6	34.0	34.3	35.7	32.5	33.2	33.8	33.8	29.9	27.5	35.7;VI-3
42	27.8	33.0	37.5	37.3	37.2	36.8	34.0	33.8	32.0	35.0	32.6	30.4	37.5;III-20
43	29.8	34.2	34.0	36.2	39.6	33.6	35.2	33.8	32.2	33.0	30.2	31.0	39.6;V-16
44	29.0	34.2	34.0	39.4	37.2	37.5	35.4	33.8	32.0	32.2	32.8	32.6	39.4;IV-12
45	30.2	32.4	37.0	38.8	37.4	39.2	35.4	33.4	34.6	34.4	33.2	30.2	39.2;VI-12
46	33.2	32.8	38.8	38.2	40.0	37.6	35.0	34.5	35.0	32.8	32.2	32.0	40.0;V-19
47	30.0	31.5	35.4	37.2	35.8	36.4	34.3	33.8	31.8	34.0	32.0	31.0	37.2;IV-1

SERVICIO METEOROLOGICO MEXICANO.
Celaya, Gto.- Temperatura minima.

Años Ene Feb Mar Abr May Jun Jul Ago Sep Oct Nov Dic ANUAL

1938	1.0	5.0	10.4	8.2	13.8	11.0	14.2	14.0	9.9	9.0	7.4	3.0	1.0; I-26
39	4.8	5.8	9.8	10.2	12.8	13.6	13.0	13.5	10.5	11.2	5.2	3.5	3.5; XII-31
40	3.5	2.4	6.0	9.0	14.0	15.0	14.5	11.9	10.0	8.5	4.0	1.0	1.0; XII-28
41	1.2	2.2	5.2	10.8	12.0	13.2	15.8	15.6	15.2	13.5	10.4	9.2	1.2; I-19
42	4.0	8.8	7.2	11.7	15.0	15.0	13.6	13.7	9.5	10.0	5.8	-0.8	-0.8; XII-29
43	3.4	3.0	9.2	10.0	10.8	13.2	13.6	14.2	12.2	5.4	4.8	1.8	1.8; XII-19
44	2.0	9.0	7.6	8.6	10.6	15.0	14.6	14.8	13.8	5.8	6.8	3.8	2.0; I-20
45	6.2	7.4	9.4	8.5	10.4	14.2	14.8	14.0	10.2	7.2	7.0	1.8	1.8; XII-6
46	6.0	5.0	9.0	10.6	14.0	10.7	13.5	14.0	14.0	11.4	6.2	5.8	5.0; II-15
47	5.8	6.2	8.8	10.6	13.5	15.6	12.8	14.0	10.5	11.5	3.8	2.8	2.8; XII-26

De la observación de estos datos se deduce una acentuada variación en el régimen pluvial para un mes dado, correspondiente a los diferentes años consignados, lo que trae como consecuencia -- regímenes pluviales muy variables, además de presentarse el hecho -- de que a los años de mayor precipitación, se suceden años de escasez de lluvias, como en los años de 1944 y 1945.

En cuanto a las temperaturas medias, se registran muy pocas oscilaciones.

Respecto a los vientos, por falta de observaciones sistemáticas, solamente pueden consignarse como predominantes los que so plan del E.NE.

Es curioso observar el aumento de la precipitación relacionado con la disminución de la velocidad media del viento, lo que expresa de una manera general, que la nubosidad, cuando no es arratrada por los vientos, produce la precipitación.

J. A. Vivó, en su obra, Climatología de México, (8) publica cuadros representativos de la temperatura media, precipitación y número de días en que la lluvia es mayor que 0.1 mm., para las diversas estaciones metereológicas que registran estos datos en el -- país, de los que copié los cuadrados que publica para Querétaro y -- Celaya, los que consigno a continuación.



SERVICIO METEOROLOGICO MEXICANO.
 Querétaro, Gro.- Altura: 1853 m.- Latitud N 20° 35' 36"- Longitud O.G.100°23'06"

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	ANUAL
Temperatura en C°.- Máxima Ex.36.2°.-Mín.Ex. -4.9°												
13.9	15.3	17.8	19.9	21.2	20.3	19.4	19.4	18.9	17.5	15.9	14.7	17.8
Ene. Feb. Marzo Abril Mayo Jun. Jul. Agto. Sept. Oct. Nov. Dic. ANUAL												
Altura de lluvia en mm. y coeficiente de correlación												
9.8	4.0	4.2	11.5	27.6	92.7	104.0	86.3	121.8	33.4	10.2	12.1	517.6
$r \leq 2(t+14)$						$r = 51; 2(t+14) = 62$						
Ene Feb Mar Abr May Jun Jul Ago Sep Oct Nov Dic ANUAL												
Número de días con lluvia mayor que 0.1 mm.												
2	1	1	3	6	11	12	10	12	5	3	2	68
Tipo de clima: BSkwg.												

SERVICIO METEOROLOGICO MEXICANO.
 Celaya, Gto.-Altura: 1808 m.- Latitud N20°-31'-26"Long. O.G.100°48'31"

Ene.	Feb.	Marz.	Abr.	Mayo	Jun.	Jul.	Agto.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	ANUAL
Temperatura en C°.- Máxima Ex.:41.5°-Mínima Ex.: -4.5°												
14.8	16.8	20.0	23.3	25.4	24.6	23.6	22.8	21.8	19.5	16.9	15.1	20.4
Ene. Feb. Mar. Abr. Mayo Junio Julio Agto. Sept. Oct. Nov. Dic. ANUAL												
Altura de la lluvia en mm. y coeficiente de correlación.												
8.2	8.4	5.9	10.5	31.2	101.3	150.1	135.6	149.4	35.9	14.3	11.7	662.5
$r \leq 2(t+14)$						$r = 66; 2(t+14) = 68$						
Ene. Feb Mar Abr May Jun. Jul. Agto. Sep. Oct.Nov.Dic. ANUAL												
Número de días con lluvia mayor que 0.1 mm.												
2	2	2	1	4	10	14	12	12	4	3	2	68
Tipo de clima: BShwg												



CONCLUSIONES:

De la pequeña estadística metereológica discutida, las -- tendencias metereológicas son las siguientes:

- A - La temperatura media es muy poco variable durante el año climático, pues cuando en mayo tiende a elevarse, las lluvias refrescan el ambiente.
- B - Se diferencia claramente una estación lluviosa y una estación - seca. (El Sr. Hermión Larios indica que la estación lluviosa debe considerarse de la 2a. quincena de mayo a la 1a. quincena de octubre). En la estación lluviosa comprendida de junio a septiembre llueve el 78.2 % de la precipitación total, y en la estación seca, de octubre a mayo, la precipitación es el 21.8 % del total.

En la mayor parte del área desértica y semidesértica del país, generalmente la estación lluviosa acusa el 90% de la precipitación, correspondiendo el otro 10% al resto del año, por lo que nuestra región estudiada tiene características más favorables.

El fuerte impacto de la lluvia en la temporada de aguas, con 4 meses de duración, actúa como un factor erosivo de la mayor importancia, interviniendo en ello no solamente en las modificaciones del relieve, sino también en la pauperización de los suelos, -- puesto que durante los 4 meses mencionados, en las áreas de fuerte pendiente, se deslaban, y durante el resto del año se deshidratan, contraen, se agrietan y compactan de volumen, pierden cohesión y -- son fácilmente acarreados por los escurrimientos superficiales.

En cuanto a la erosión en el terreno, es fácil concebir -- su enérgica acción durante los 4 meses en que se precipita el 78.2% de la lluvia anual, aumentando grandemente la velocidad del escurrimiento, y produciendo con ello la erosión vertical, ahondando -- los cauces, y la erosión horizontal, socavando sus márgenes.

La velocidad del escurrimiento, dadas estas características de la mecánica hidráulica en la región, dan poca oportunidad a que el agua se infiltre en el subsuelo, para alimentar a los receptáculos subterráneos de agua.

Como nota aclaratoria, debo consignar que los porcentajes anotados los calculé usando el cuadro representativo para Querétaro.

INDICES DE ARIDEZ Y CLASIFICACION CLIMATOLOGICA.

Indice de Aridez.

El índice de aridez según De Martonne se expresa por medio de la ecuación:

$$\text{Indice de aridez} = \frac{\text{Precipitación media anual en milímetros}}{\text{Temperatura media anual} + 10}$$

$$\text{Querétaro: } I = \frac{491.7}{19.1 + 10} = 16.90$$

$$\text{Celaya: } I = \frac{530.0}{21.7 + 10} = 16.72$$

Estos valores los tomé promediando los datos suministrados por el Observatorio Meteorológico de Tacubaya.

He aquí la interpretación que Robles Ramos (9) da a las cifras obtenidas modificando un estudio de la Sra. Rosa Filati:

De 1 a 5 Areísmo.

Estos valores corresponden al Areísmo, que caracterizan al desierto, bajo los puntos de vista hidrográfico y climatológico, y por tanto, estas áreas corresponden a regiones carentes de corrientes fluviales.

De 5 a 10 - Endoreísmo.

Estos valores corresponden a los alrededores del desierto, con corrientes temporales y vegetación pobre.

Pertenecen al endoreísmo con clima seco y exige el riego para toda clase de cultivos, corresponden a regiones que forman --- cuencas cerradas.

De 10 a 30 - Exoreísmo.

De 10 a 20, el relieve decide la forma de vertiente, ya - externa o cerrada, con vegetación herbácea, estepas o sabanas más o menos mezcladas de plantas frutales, árboles y arbustos espinosos. El riego es útil y aún necesario para cultivos que exigen humedad, aunque los cereales de temporal pueden cosecharse sin riego. Es de notarse que el cultivo de cereales sin regadío, corresponde a los - índices alrededor de veinte, tanto en la zona templada como en la - tropical.

De 20 a 30, el exoreísmo es casi general, y este tipo corresponde a regiones cuyas corrientes fluviales llegan al mar.

De 30 a 40 - Corrientes fluviales perennes.

Cerca de los 30, se llega a zonas en que no es necesario el riego, salvo para sostenimiento de selvas o de cultivos muy exigentes de agua. Donde quiera que se presentan valores superiores - a 30, domina en el paisaje los árboles, las corrientes son constantes y casi no se encuentra un ejemplo de cuenca cerrada, en que las aguas no desborden buscando la salida al mar; con excepción de terrenos de rocas permeables, en los que se forman corrientes periódicas.

De 40 a 160 -

A partir de estos valores, las corrientes son permanentes y abundantes, siendo el bosque la característica del clima, en tanto que los cereales sin regadío resultan menos favorecidos, y a veces perjudicados por exceso de humedad.

El ingeniero Ramiro Robles Ramos, en su obra "La Carta de Cuencas, su Precisión y Aspectos Fundamentales para la Irrigación", (Abril de 1943)⁽⁹⁾, publica para la República Mexicana una Correlación de los índices de aridez. Los valores que obtuvimos para Querétaro y Celaya, se encuentran entre 15 y 20, para los que el Ing. Robles expresa las siguientes características.

TIPO CONTINENTAL.

Carácter Hidrográfico de las cuencas:

Priva en su mayor parte el principio de las áreas exoréicas, notablemente se establece en las cuencas de captación a lo largo de la Sierra Madre Occidental, y en las vertientes de la Altiplanicie y del Pacífico.

Fisiografía:

Estas áreas corresponden generalmente a valles de erosión jóvenes, con pendientes fuertes establecidas en las altas vertientes de las cadenas montañosas, y en las cercanías de los partaguas continentales. Las aguas que escurren en esos arroyos incipientes que profundizan su cauce rápidamente, provienen de la precipitación local. En estas zonas, las corrientes son de aguas broncas, colgadas, escurren inmediatamente después de las lluvias, y en la época de secas son alimentados por pequeños manantiales, ya permanentes o temporales.

Regímenes Pluviales:

En la parte Norte del país, se acusa primavera seca bordeando la Sierra Madre Occidental; en la Sierra Madre Oriental, el invierno y la primavera son secos; en las cercanías de Oaxaca única

mente el invierno es seco, correspondiendo igual fenómeno al Sur de la laguna de Chapala. En el altiplano, lluvias en julio y agosto en la porción occidental, en la meridional de junio a septiembre. En las costas del Pacífico, de julio a Septiembre; en el Golfo de México, de junio a septiembre; igualmente en Oaxaca.

Regímenes Térmicos:

Rodeando la Sierra Madre Occidental se encuentran climas templados, con invierno benigno, lo mismo que en la Oriental. En la parte meridional del país, estas zonas corresponden a climas templados sin estación invernal bien definida.

Altiplano mexicano:	mínimas absolutas de -18.8 a 13.0 máximas absolutas de 30.8 a 49.0
Vertiente del Pacífico:	mínimas absolutas de -9.4 a 1.1 máximas absolutas de 43.0 a 50.0
Región de Oaxaca:	mínimas absolutas de -2.2 a 4.5 máximas absolutas de 37.0 a 45.0
Vertiente del Golfo:	Mínima absoluta de 12° máxima absoluta de 40°

Humedad:

En todo el país esta zona corresponde a semiseca.

Suelos:

Los suelos que se encuentran principiando -- por la Sierra Madre Oriental, corresponden en su mayoría al Chernozem, encontrándose también algo de suelos amarillos del grupo laterítico. En -- las zonas correspondientes a la porción Sur de -- la altiplanicie meridional, se encuentra el suelo castaño, predominando éste en la Sierra Madre Oriental. En las cercanías de Saltillo, intervie

ne una pequeña porción de suelo correspondiente al Chernozem; por último, en Matamoros, se encuentran los suelos Rendzina.

Simorfia:

Priva en su mayor parte el Graminoidetum tipo pradera o semi-esteparia, interviniendo muy ligeramente el Arboretum sub-alpino; y en la región de Matamoros el Fructicetum o chaparral espinoso.

Riego:-

Es indispensable en las regiones donde se concentran las lluvias en los meses de julio a septiembre. Así como en cultivos que necesitan un índice de riego elevado. Es necesario en toda la zona que comprende estos índices, para garantizar los cultivos.

En general, hay pocas tierras de labor, dado el carácter fisiográfico:

Los recursos hidráulicos dependen principalmente del escurrimiento de las cuencas, siendo pequeña la infiltración.

Símbolos para caracterizar la vegetación de los tipos de clima:

S = Estepa.

W = Desierto.

B = Alta Montaña.

T = Tundra.

F = Hielo Perpetuo.

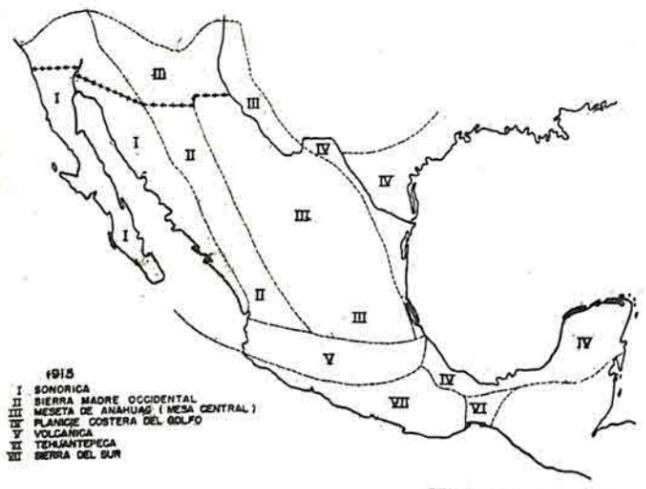
- (1) 1.- Isotermal, o de diferencia entre las temperaturas medias mensuales extremas, inferior a 5° C.
g.- La temperatura máxima es anterior al Solsticio de Verano.
g'. - La temperatura mínima es posterior al Solsticio de Verano

CUADRO PARA CLASIFICAR LOS CLIMAS, SEGUN KOPPEN.

ZONAS FUNDAMENTALES	TIPOS FUNDAMENTALES	
A.- Clima Tropical Lluvioso. (la temperatura (t) de todos los meses es superior a 18° C. y la lluvia anual, superior a 75 cm) (megatérmico)	1.- Af- Clima de Selva	La lluvia es continua a través de todo el año.
	2.- Aw- Clima de Sabana	La lluvia es periódica y el invierno es seco.
B.- Clima Seco. (correlación específica entre r (precipitación total en cm.) y t° (temperatura anual - en grados centígrados) - (Xerófito)	3.- BS- Clima de Estepa Vegetación xerófito.	BSs- Lluve durante el invierno: $r \leq 2t$ BSx- Lluve irregularmente: $r \leq 2(t-7)$ BSw- Lluve durante el verano: $r \leq 2(t+14)$
	4.- BW- Clima de Desierto. Vegetación xerófito o sin vegetación.	BWs- Lluve durante el invierno: $r \leq t$ BWx- Lluve irregularmente: $r \leq t+7$ BWs- Lluve durante el verano: $r \leq t+14$
C.- Clima Templado Moderado Lluvioso. (la temperatura (t°) del mes más frío es entre -3° y 18°) (mesotérmico)	5.- Cw- Clima de Invierno.	w.- La lluvia es periódica y el invierno es seco. Durante el mes más lluvioso de verano, las lluvias son 10 veces o más de mayor altura que en el mes más seco.
	6.- Ca- Clima de Verano seco caluroso. (de pradera).	
	7.- Cf- Clima de Temperie Húmeda. (de bosque).	
D.- Clima Boreal o Nevado de Bosque. (La temperatura (t) del mes más frío es inferior a -3°, y la del mes más caliente superior a 10° C. (microtérmico).	8.- Df- Clima de Invierno Húmedo Frío. (de bosque).	s.- La lluvia es periódica y el verano es seco. Durante el mes más lluvioso de invierno las lluvias son 3 veces o más de mayor altura que en el mes más seco. f.- La lluvia es irregular. Condiciones intermedias entre w y g
	9.- Dw- Clima de Invierno Seco Frío. (de bosque).	
E.- Clima Nevado. (La temperatura de todos los meses es inferior a 10° C. (hekeistotérmico)	10.- ET- Clima de Tundra (sin árboles)	La temperatura de el mes más caliente es superior a 0° C.
	11.- EF- Clima de Nieve Perpetua, (sin vegetación)	La temperatura de todos los meses es inferior a 0° C.
	12.- EB- Clima Seco de Alta Montaña. (de tundra o de nieve perpetua)	

Variedades Específicas (en los climas B, C y D). De Temperatura.		Variedades generales (en los climas A, B y C). De Temperatura. De viento. De Humedad.	Alternativas Generales en los climas A, B y C). De frecuencia de lluvias.	
A		i, g, g' (1) m (2)	w', w'' (4)	
B	<p>h' .- Muy caliente. Con media anual superior a 18°C., y la media del mes más frío superior a 18°C.</p> <p>h .p Caliente. Con media anual superior a 18°C., y la media del mes más frío inferior a 18°C.</p> <p>k .- Frío. Con media anual inferior a 18°C., y la media del mes más cálido superior a 18°C.</p> <p>k' .- Muy frío. Con media anual inferior a 18°C., y la media del mes más caliente, inferior a 18°C.</p> <p>v .- La temperatura máxima es en Otoño.</p>	i, g, g' (1) n, n', n'' (3)	w', w'', x, x', s' (4)	
C	<p>a .- La temperatura del mes más cálido es superior a 22°C.</p> <p>b .- La temperatura del mes más cálido es inferior a 22°C.</p>	La temperatura media de 4 meses o más, es superior a 10°C.		
y	c .- La temperatura del mes más frío es superior a -38°C.	La temperatura media de menos de 4 meses es superior a 10°C.	i, g, g' (1) n, n', n'' (3)	w', w'', x, x', s' (4)
D	d .- La temperatura del mes más frío es inferior a -38°C.			

PROVINCIAS FISIOGRAFICAS MEXICANAS



- 1915
- I SONORICA
 - II SIERRA MADRE OCCIDENTAL
 - III MESETA DE ANAHUAC (MESA CENTRAL)
 - IV PLANICIE COSTERA DEL GOLFO
 - V VOLCANICA
 - VI TEHUANTEPEC
 - VII SIERRA DEL SUR

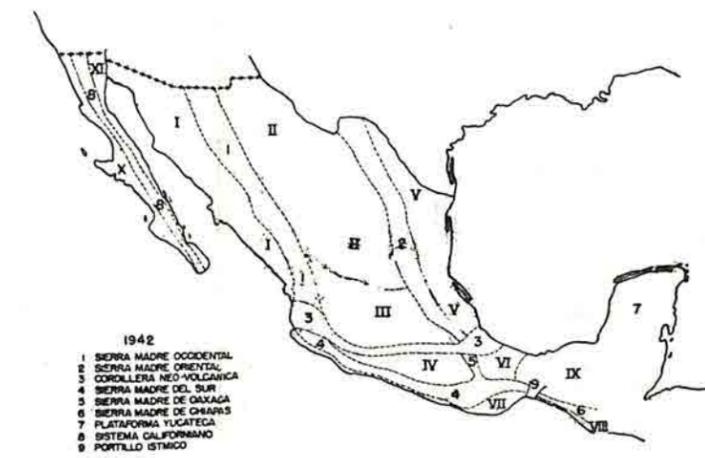
SEGUN THAYER

ESCALA = 1 : 15 000 000



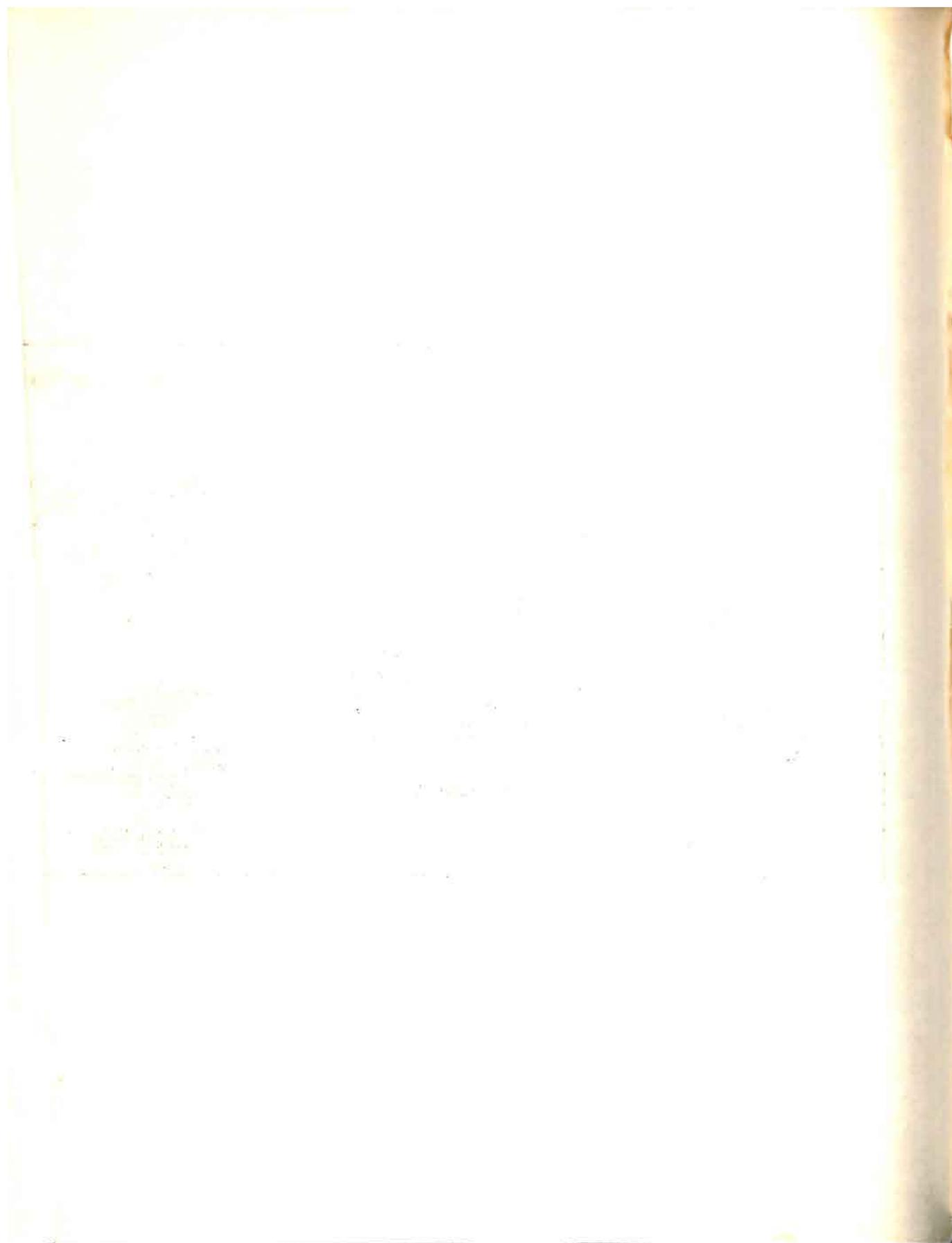
- 1941
- I BAJA CALIFORNIA
 - A) REGION DE ENSENADA
 - B) DELTA DEL COLORADO
 - C) PENINSULA
 - D) REGION DEL CASO
 - II DESIERTO DE SONORA
 - III FILA COSTERA DE SINALOA Y NAYARIT
 - IV SIERRA MADRE OCCIDENTAL
 - V SIERRA MADRE ORIENTAL
 - VI MESETA CENTRAL MEXICANA
 - A) MESETA CENTRAL DEL NORTE
 - B) MESETA CENTRAL DEL SUR
 - VII CUENCA DEL BALSAS
 - VIII SIERRA MADRE DEL SUR
 - IX PROVINCIA DE CHIAPAS
 - X PENINSULA DE YUCATAN
 - XI RAMA COSTERA DEL GOLFO DE MEXICO
 - A) REGION DEL RIO BRUJO
 - B) REGION DE LA MUANTECA
 - C) ISTMO DE TEHUANTEPEC
 - XII VALLE DE OAXACA
 - XIII

SEGUN E. ORDÓÑEZ



- 1942
- I PLANICIE COSTERA NOR-OCCIDENTAL
 - II ALTIPLANO SEPTENTRIONAL
 - III CUENCA DEL BALSAS
 - IV PLANICIE COSTERA NOR-ORIENTAL
 - V PLANICIE COSTERA SUD-ORIENTAL
 - VI PLANICIE COSTERA SUD-OCCIDENTAL
 - VII PLANICIE COSTERA DE CHIAPAS
 - VIII PLANICIE COSTERA DEL ISTMO DE TEHUANTEPEC
 - IX VERTIENTE DEL PACIFICO DE LA PENINSULA CALIFORNIANA
 - X VERTIENTE CALIFORNIANA DEL GOLFO DE CORTES
 - XI
 - XII
 - XIII

SEGUN R. ROBLES RAMOS



- (2) m.- De bosque lluvioso, a pesar de tener estación seca y con lluvias Monozónicas de Verano.
- (3) n.- Niebla frecuente.
n'.- Niebla escasa pero con aire muy húmedo, escasez de lluvia, tiempo relativamente fresco, y Verano con temperatura inferior a 24° C.
n''.- Niebla escasa pero con aire muy húmedo, escasez de lluvia, tiempo relativamente fresco, y Verano con Temperatura superior a 24° C.
- (4) w'.- La estación de lluvia (indicada por w), se atrasa, y tiene lugar en Otoño.
w''.- Dos estaciones de lluvia separadas por dos estaciones secas.
x.- La estación de lluvia tiene lugar en Primavera y la seca en Verano.
x'.- Las lluvias son escasas, pero fuertes en todas las Estaciones.
s'.- La estación de lluvia (indicada por s), se adelanta, y tiene lugar en Otoño.

b) Geomorfología.

A - Geomorfología mexicana, regional, geomorfogenia y clasificación.

Toda región continental es una consecuencia, en cuanto a su modelado, de los procesos orogénicos generales, por lo tanto, no es posible considerarla como una región aislada, con procesos formativos específicos, así pues, el modelado de la región estudiada, no es sino la expresión y síntesis del historial geológico de la República Mexicana.

El país presenta distintas provincias fisiográficas, originadas por las energías endógenas que proporcionan el material petreo, constituyendo un relieve como consecuencia de la orogénesis,

del volcanismo; al cesar estas energías internas, las fuerzas exógenas principian a modificar este relieve por medio del intemperismo y la erosión, estructurando áreas con aspectos semejantes, limitadas por zonas diferentes, constituyendo las provincias fisiográficas, enmarcadas en las grandes unidades orogénicas.

Las provincias fisiográficas han sido estudiadas por Thayer, por Ordoñez y por Robles Ramos, según lo muestra la lámina adjunta.

Nuestra región corresponde a la zona VI-B, denominada Meseta Central del Sur, según Ordoñez, y a la zona III, según Robles Ramos, como Altiplanicie Meridional.

La Altiplanicie Meridional, es la porción Sur de la gran-provincia que se denomina Altiplano Mexicano.

Altiplano Mexicano.

Esta gran provincia es de la mayor importancia, ya que es una consecuencia de los procesos orogénicos y volcánicos en las grandes Sierras Madre Occidental y Oriental, así como de la gran cordillera Neo Volvánica.

La enérgica erosión en los períodos diluviales, establecieron la división en dos sub-provincias, del citado Altiplano: La Altiplanicie Septentrional y la Meridional.

La Altiplanicie Septentrional, tiene como características, la existencia de cuencas intermontanas asolvadas; y en cuanto a su aspecto hidrológico, presenta grandes áreas de endorreismo y una pequeña de exorreismo, drenada por el río Conchos.

La Altiplanicie Meridional presenta aspectos bien distintos de la anterior, ubicándose en esta provincia el lugar que estudiamos.

Altiplanicie Meridional.

De acuerdo con los estudios paleogeográficos y geomorfológicos, esta área ha tenido los siguientes procesos formativos:

- A) - Durante el Cretácico estaba sumergida bajo los mares de este período.
- B) - El levantamiento continental y la regresión marina, efectuaron la emersión de esta área.
- C) - La estructuración de la Sierra Madre Oriental, a principios del Terciario, y la formación de la cordillera Neo-Volcánica al -- Sur, con la preexistencia de la Sierra Madre Occidental, dieron origen al gran Altiplano Mexicano.
- D) - En la penúltima etapa formativa de la Altiplanicie Meridional, no hay duda de la existencia de grandes y numerosos lagos establecidos en la mayor parte de su área; más las variaciones climáticas y la erosión remontante de los hoy ríos, Pánuco y Santiago, fueron capturando la gran extensión lacustre a que nos referimos, drenando poco a poco la región y subdividiendo los lagos, estableciendo a la postre dos grandes sistemas fluviales:

El sistema Lerma-Santiago y el sistema Moctezuma-Pánuco, erosionando y disecando (palabra ya usada en la geomorfología), a la Altiplanicie Meridional, por lo cual, esta Altiplanicie tiene una gran extensión de exorreismo, y una mínima de endorreismo, localizada esta última en: Lagos existentes, ex-lagos y --playas salíferas.

Geomorfología Regional.

Ubicada nuestra zona en la Altiplanicie Meridional, presentando el aspecto característico de cuencas lacustres ya desaparecidas, es evidente que fué capturada por el exorreismo, por medio del río de Querétaro, afluente del Lerma, y por lo tanto corresponde al sis

tema Lerma-Santiago y a la vertiente del Pacífico.

La región presenta una topografía montañosa y bastante -- fracturada, no exhibiendo intesos plegamientos, pero sí apreciables trastornos, en vista de los numerosos movimientos tectónicos efectuados. Las perforaciones que se han hecho en las cañadas para --- alumbramiento de aguas, han evidenciado cuerpos de rocas alteradas, y los arroyos y las cañadas han sido erosionados en las líneas de - mayor debilidad, localizados en las fracturas, por donde a niveles más profundos ocurren espacios de gases intemperizando las rocas, lo cual las altera, disgrega y aún produce fenómenos de metasomatismo- y depósitos secundarios.

En la región, las más importantes de las antiguas cuencas lacustres las constituyen el valle de Querétaro, extendido de Este a Oeste, desde la ciudad de Querétaro hasta el pueblo de La Calera, y el valle de Celaya los que por efectos de la sedimentación, a traves de los tiempos se han constituido ambos en planicies de escasa-pendiente, dando sustento, por sus suelos, a numerosos pueblos y -- ranchos. El valle de Querétaro se une con el de Celaya, en donde - principia el llamado Bajío de Guanajuato, por medio del río de Querétaro, el cual se dirige hacia Apaseo el Bajo.

Geomorfogenia.

El área que nos ocupa, de acuerdo con el modelado superficial, indica los siguientes procesos formativos:

- A) - Al parecer, existía a fines del Pleistoceno, una gran exten---sión lacustre, cuya curva de embalse se extendía en lo que hoy es valle de Querétaro y valle de Celaya.
- B) - Este lago fué capturado por la erosión remontante del Lerma, - por lo que empezó a vaciarse, estableciendo su pendiente hidráulica en la faja de escurrimiento, que más tarde dió origen al río de Querétaro.

- C) - El tectonismo regional por una parte, y la privanza de los fenómenos post-volcánicos a través de las fracturas, intemperizaron las rocas, debilitándolas en cuanto a su compactidad y dureza, lo que añadido a las líneas de debilidad que se exhiben -- por la parte media del lomerío entre los dos valles, a la acción del río de Querétaro; a la poca resistencia de las rocas por otra, dada la intensa acción neumatolítica y posteriormente la hidrotermal, y por último la tectónica regional que indudablemente continúa hasta los últimos tiempos del Terciario, facilitaron la formación del valle transversal, y secundario, en tiempo, de San Bartolomé; en otras palabras, debido a los factores favorables enunciados, se insinuó la vía fluvial secundaria que diera origen al actual arroyo de San Bartolomé.
- D) - El desarrollo hidrológico, con su erosión vertical y horizontal, provocó por último el valle de erosión de San Bartolomé.

Conclusión.

El valle de San Bartolomé es pues una consecuencia del desarrollo hidrológico del sistema Lerma-Santiago, y su aparición es posterior hacia el final de las grandes extensiones lacustres, estableciendo el valle de Querétaro y el de Celaya, y posteriormente el de San Bartolomé.

Clasificación.

De esto se deduce, que el valle de San Bartolomé es un producto de la erosión remontante y directa; procedente la primera del río de Querétaro, y la segunda de la erosión verificada en esta zona, cuya aceleración se ha debido a los factores favorables ya mencionados, por lo que al valle de San Bartolomé lo podemos clasificar como un valle lateral y más joven que los de Querétaro y Apaseo.

Valle de San Bartolomé.

Este valle fué cincelado de acuerdo con el paleoclima, -- que a través de los tiempos comprendidos entre la aparición del relieve ígneo y volcánico hasta el presente se han realizado, es decir, las energías endógenas en primer lugar proporcionando el relieve volcánico, y posteriormente las exógenas representadas por el intemperismo y la erosión fluvial y eólica, han cincelado el valle de San Bartolomé.

B - Energías endógenas y energías exógenas.**Energías Endógenas.**

La primera impresión que se tiene de las cañadas que circundan al valle de Querétaro y otras vecinas es desconcertante, --- pues aparecen cañadas relativamente profundas en los sitios aparentemente más absurdos, desde el punto de vista del relieve, como son en los parte-aguas parciales según se observa en la loma que domina al Pueblito de Nuestra Señora desde el Sur, o bien aisladamente se encuentra una cañada de corta longitud, principiando en una depresión, como la que desemboca en el casco de la hacienda de El Obrajuelo, o bien un valle aparece cortado transversalmente por dos cañadas de uno y otro lado, como si se tratase de una misma cañada -- cortada por el valle, y esto puede apreciarse en el levantamiento topográfico del valle de San Bartolomé; además, suelen observarse estas cañadas erodadas en un zig-zag, con un pronunciado paralelismo entre ellas, siendo esto muy notable en Apaseo el Alto.

Las curvas de nivel, exhiben grandes sinuosidades, pudiendo clasificarse en entrantes donde se ubican zonas erosionadas, y salientes, en forma de espolones, indicando tal cosa que ha habido mayor erosión en las entrantes que en las partes salientes. En estas entrantes, o pequeñas zonas erosionadas, se encuentra mayor concentración de sales en los pozos y manantiales, como en el caso de

los ubicados en San Bartolomé y en el pozo que alimenta al molino de viento de El Obrajuelo; empero, en las salientes o espolones del relieve, la concentración salina en los pozos es más baja, como es el caso de los perforados en La Punta.

En una perforación hecha en La Noria, al Este de Querétaro, se encontró una gruesa capa de arena pumicítica con un espesor de 40 metros, abajo de la cual apareció una roca básica fracturada, por cuyas fracturas existe circulación de gases y vapores, lo que observé en el mes de abril, en que tuve oportunidad de descender -- por su lumbrera.

Todo ello indica que las energías endógenas juegan un papel importantísimo en la modificación de la topografía, fracturando las rocas y dando lugar a la inyección de masas intrusivas y al escape de gases, alterando las rocas superpuestas, facilitando su alteración, disgregación y acarreo en tiempo de lluvias.

Las intrusiones forman promontorios, al desparecer por acarreo las rocas que un tiempo las cubrieron; este es el caso de la base correspondiente a la pirámide arqueológica de El Cerrito, -- junto al Pueblito.

En San Bartolomé se halla tan alterado un basalto, que es fácilmente disgregable y los materiales finos que forman el suelo de los valles y cañadas que desembocan en el de Querétaro, no son sino productos de alteración de la roca basáltica.

En otras palabras, se ha estructurado un relieve ígneo -- provocado por la intrusión de las rocas y el volcanismo posterior, que al mismo tiempo, con la tectónica regional ha fracturado a las formaciones, las ha desplazado y por último, los gases y vapores -- post-volcánicos han provocado zonas de metamorfismo, todo lo cual -- facilita la acción alteradora de las energías exógenas.

Energías Exógenas. (12)

Desde el momento en que los cuerpos intrusivos y efusivos se consolidan por enfriamiento, quedan expuestos, directa o indirectamente a los fenómenos exógenos concentrados en la atmósfera, representados por el intemperismo, el acarreo y la erosión.

1) - Intemperismo.

Este principia por el fisuramiento y fracturas debidas al enfriamiento, permitiendo el fácil acceso de otros agentes como el agua, la temperatura y toda la serie de fenómenos que de ellos se derivan, dando por resultado, en nuestro caso particular, la gran alteración de las rocas ígneas - y su descomposición, principalmente de los basaltos, cuya exfoliación es evidente. Con el tiempo se forman suelos, después, la carpeta vegetal, y la acción bioquímica tiene influencia en la alteración de las rocas, como se puede - observar en cualquier material rocoso, al disgregarlo o - partirlo, la presencia de elementos orgánicos.

2) - Acarreo.

Se expresa con esta palabra, a la acción del arrastre por el agua o por el viento, de las partículas o fragmentos - desintegrados insitu, llevando aquellos elementos, de --- acuerdo con la capacidad y competencia de su arrastre, ma sas más o menos grandes de estos, hacia niveles inferio-- res.

El acarreo depende esencialmente de los fenómenos de es- currimiento, con una mayor o menor velocidad, constituyen do uno de los cuatro factores que integran el ciclo hidro lógico:

evaporación, condensación, precipitación y escurrimiento; por lo que el acarreo dependerá del funcionamiento del ci

clo hidrológico, o lo que es lo mismo, del clima de la región, el que como sabemos, tiene variaciones acentuadas a través de los tiempos.

3) - Erosión.

La velocidad de los fragmentos acarreados, la cantidad de ellos, y su dureza, transportados por el agua o por el viento, provocan abrasiones e impactos, concentrados principalmente en las vías de escurrimiento fluvial, provocando el ahondamiento de los mismos por medio de la erosión vertical, y el ensanchamiento, de acuerdo con la erosión horizontal; de esta manera, las cañadas se han labrado con bastante rapidez, aún cuando no existen en la región, corrientes perennes y con gasto apreciable.

Los valles y cañadas que desembocan en los valles de Querétaro y Apaseo, se hallan erodados hasta poco más abajo del contacto de la toba riolítica con el basalto, así que su lecho siempre se compone de rocas más o menos grandes-desprendidas de la última corriente basáltica intemperizada y fracturada, mezcladas con materiales muy finos producidos por la alteración térmica de los feldespatos, de la corriente basáltica subyacente.

4) - Sedimentación.

La morfología lacustre, derivada de las antiguas cuencas cerradas, ha permitido en los grandes valles de Querétaro y Apaseo, el depósito de acarreos, principalmente constituidos de la toba riolítica aparte de arenas pumicíticas y arcillas mezcladas, los que por su textura, permeabilidad y aereación, han formado en la superficie, a través de los tiempos, suelos agrícolas de primera calidad.

En los valles laterales pequeños, se exhiben en gran can-

idad fragmentos de basalto, que por la alteración y la erosión, presentan aspecto subarredondado, mezcladas con la toba riolítica que continúa a profundidad; en cambio, en los valles de Querétaro y Apaseo, los fragmentos basálticos son poco numerosos, predominando la toba riolítica. En la zona media de estos valles, se han depositado limos que de no fijarse, pueden transportar las aguas de los pequeños arroyos o el viento, provocando las tolvaneras que en estos lugares se presentan en el estiaje, como en San Juanico.

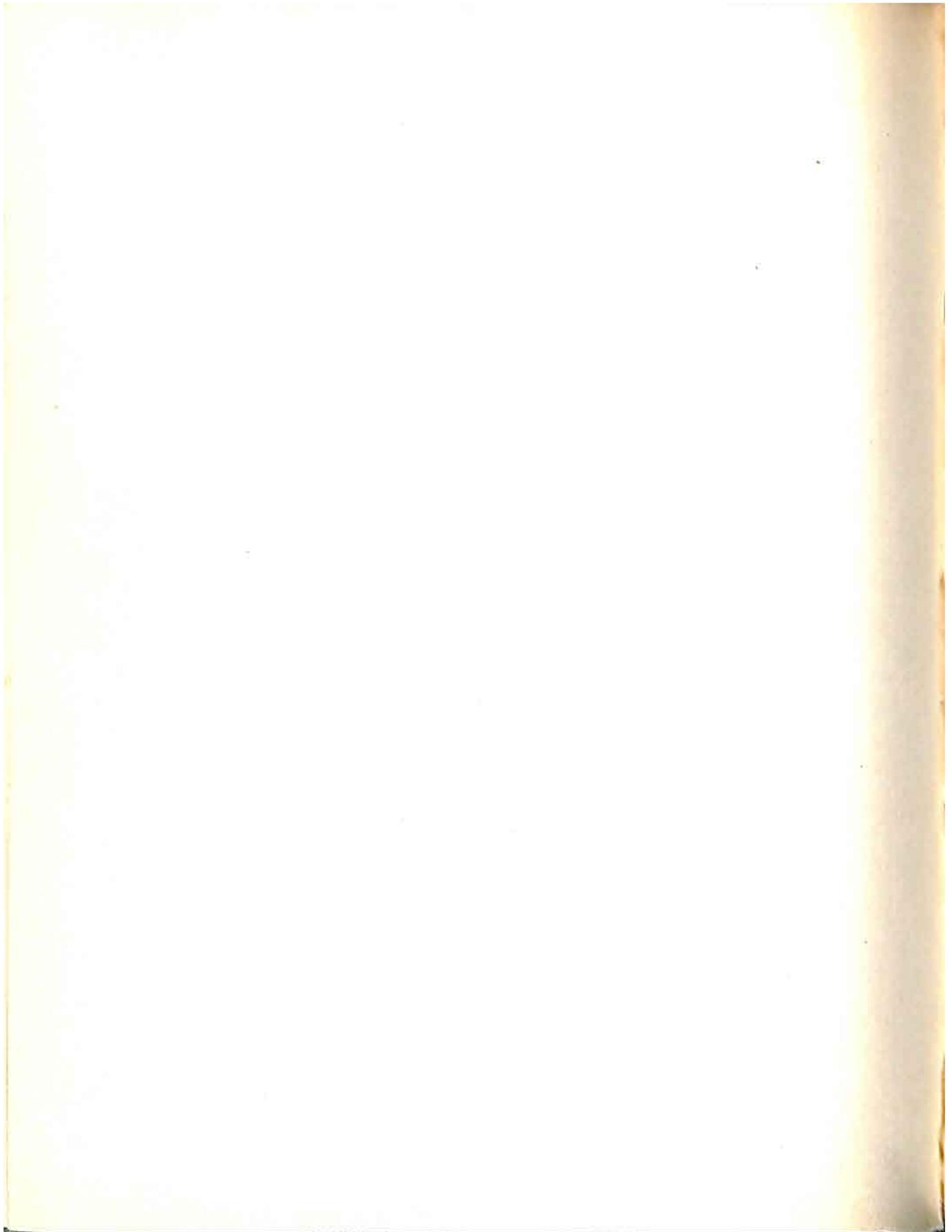
Clasificación del Paisaje Físico.

El fuerte intemperismo, por la clara diferenciación entre la estación lluviosa y la seca, establece una enérgica erosión, por lo que el valle de San Bartolomé está en la actualidad, en período juvenil, dado lo abrupto del terreno en relación con la antigua morfología lacustre de la región.

ARQUEOLOGIA. (13)

La presencia de varios promontorios construídos sobre salientes ígneas que quedan como testigos, y el hallazgo de varias esculturas del cerro de El Cerrito, junto a la villa de Nuestra Señora de El Pueblito, una de las cuales se exhibe en el museo de Querétaro y otras se hallan en el museo de antropología de México, demuestran que el ambiente de aquella región en épocas pasadas contribuyó a la formación de una cultura autóctona, hoy desaparecida, así como en las cercanías del pueblo de San Bartolomé, por encontrarse 7 pirámides conocidas por el nombre de Los Cerritos, cuyo material de construcción consistente en tierra recubierta con fragmentos prismáticos basálticos, están ahora cubiertas de tierra y vegetación.

Es posible que en algunos pequeños promontorios haya intervenido la acción del hombre, como en el que existe junto al manantial más importante de San Bartolomé, sobre el que hay una pequeña construcción a manera de capilla, hoy destruída, pues al recorrer yo el lugar, encontré en la tierra arrojada al abrir un tajo, una figurilla indígena y varias obsidianas trabajadas.



IV. - GEOLOGIA.

a) GEOLOGIA SUPERFICIAL.

Tobas.

La roca más antigua en el lugar es una riolita que hoy -- día sólo se la encuentra en los alrededores aflorando como toba pumicítica, en lechos casi horizontales, busando ligeramente hacia el Oeste, presentando pequeños saltos de falla con rumbo Noroeste-- Sureste. Los diversos lechos tienen coloraciones que varían del rojo-pardo al rosado, apareciendo interestratificado un lecho de arena pumicítica pobremente cementado con arcilla. En un corte de tajo hecho en la loma que domina la ciénaga de El Castillo desde el Oeste, dichos lechos tobáceos busan unos 30 grados hacia el Este, quizás indicando un plegamiento de falla al resbalar por gravedad el bloque Oriental que forma el valle de San Bartolomé. Las planicies ligeramente onduladas, por erosión de las aguas superficiales que se encuentran entre El Pueblito y la loma Oriental del valle de San Bartolomé, están formadas por esta roca; las partes bajas del altiplano se encuentran cubiertas por tierra vegetal con cantidad de -- piedras de un basalto del que sólo se encuentran pocos testigos repetados por la erosión. Las partes altas del altiplano están cu---

biertas de una capa de caliche que no pasa de tres o cuatro centímetros de espesor. La toba es discordante con la erosión del terreno, sin embargo, los diferentes estratos deben presentar diferente resistencia a la erosión, porque en la loma del lado Oriental del valle de San Bartolomé se observa un quiebre hecho por desgaste erosivo, paralelo al eje del valle, semejando dos terrazas en la toba; lo mismo ocurre en el otro extremo, junto a Balvanera. El Ing. de Minas, don Juan Villarelo ⁽¹⁴⁾, dice que algunas de estas tobas forman lechos parcialmente silificados, a lo que de seguro se deben los diferentes erosivos.

Basaltos.

Sobre esta toba se encuentra un basalto de olivino, compacto en la base y vesicular en la superficie. En la loma Occidental que domina al valle de San Bartolomé, este basalto se halla sumamente alterado, habiéndose transformado el olivino ($2(\text{Mg,Fe})\text{O} \cdot \text{SiO}_2$), en cristales de idinxita ($\text{MgO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{SiO}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$), de color rojo vivo, probablemente por oxidación del fierro a férrico, silicatación e hidrólisis, por la acción prolongada de los vapores a elevada temperatura, con arrastre de sílice en estado coloidal. En las fracturas del basalto se ha depositado óxido de manganeso cubierto con una película de carbonato de calcio. No es este el único tipo de alteración que se observa en esta corriente, pues un poco más al Sur se le encuentra formando una roca color de rosa, y es que los feldespatos se están alterando a caolín.

En esta loma, aparece este basalto en la base, en contacto con el relleno de talud, y en este contacto aparecen varios mantiales. En la loma oriental del valle, este basalto se encuentra coronando la loma en pocos lugares, a modo de testigos; en este lugar no se le encuentra con tales alteraciones.

Esta corriente basáltica debe haber sido anterior a los depósitos de sílice, que son muy puros, pues el olivino no hubiera podido formarse en tal abundancia, estando el magma basáltico en -- contacto con la sílice, pues daría lugar a piroxenas en vez de olivino; según Tyrrell ⁽¹⁶⁾ dice, $2(\text{Fe,Mg})\text{O} \cdot \text{SiO}_2 + \text{SiO}_2 \rightleftharpoons 2(\text{Fe,Mg})\text{O} \cdot \text{SiO}_2$.



Aspecto contrastado que presentan las dos corrientes basálticas. Arriba el de Labradorita sólo fracturado y abajo el de Olivino como una masa informe, por la tremenda alteración.

Aspecto que presenta la toba riolítica, en el socavón --- abierto cerca del cagco de la hacienda de Balbanera. En esta - fotografía se pueden apreciar las numero-- sas fracturas y peque-- ños saltos de falla - que exhibe.



(16)- Pág. 168.

Este basalto se halla en esta loma tan alterado, que es - fácil disgregarlo con un chuchillo, y es el que ha formado el material fino del relleno de talud, junto con pedruzcos de otra corriente basáltica que le está superpuesta. En este relleno de talud existen lechos de óxido férrico formados por concentración del material basáltico alterado, lo mismo que cristales bien formados, cúbicos - de pirita, indicando que los gases de ácido sulfhídrico que acompañan al vapor de agua, han tenido participación en los procesos de - alteración.

Sobre la corriente anterior, se encuentra otro basalto de Labradorita, que contrasta con el basalto anterior por presentarse la roca poco alterada, aún la que se halla directamente en contacto con la roca alterada; es decir, debió corresponder a una corriente muy posterior, y todavía no ha alcanzado el grado de alteración de su predecesora.

Esta corriente sólo aparece en la loma Occidental del valle, en la parte superior, y se prolonga hacia el Oeste, más allá - de Apaseo el Alto.

Sobre el relleno de talud del valle de San Bartolomé, aparecen varios diques casi en dirección Este-Oeste, de los que quedan sólo hileras de pedruzcos alineados.

En algunos lugares se le encuentra convertido en tezontle rojo, y es importante porque formando lechos de pedacera de tezontle, mal cementados por calcio, como carbonato y sulfato, con impregnaciones de azufre, constituye importantes acuíferos, como el que - suministra agua a los pozos de La punta, al Noreste de San Bartolomé. Como tezontle, no se le encuentra en los alrededores, en la superficie del terreno, pero se le puede ver al Este de Querétaro, sobre la carretera de San Juan del Río, en las cercanías del pueblo - de El Colorado.

Calizas y evaporitas calcáreas.

Son numerosos los depósitos de caliche en toda la región, pero que no son verdaderas calizas sino sólo evaporitas, o sean precipitados de calcio llevado en solución por las aguas, quizás bajo la forma de bicarbonato, y depositados como carbonato al perder anhídrido carbónico.

Sin embargo, hay verdaderas calizas, que visité en la loma que se encuentra frente al pueblo de La Calera, al otro lado de la vía del ferrocarril. En las excavaciones de poca profundidad de que se extrae, la capa superior, fácilmente desprendible, para quemarla y obtener cal, observé que la parte inferior se halla totalmente silisificada; la porción media es una magnífica caliza que no es extraída por carecer los que se dedican al negocio, de hornos -- adecuados para poder quemarla. La capa superior, es un caliche formando lajas, que como ya se dijo, es fácilmente desprendible con un barretón.

Presentan las capas un fuerte echado hacia el Sur, o sea hacia el cauce del río. No he podido observar en otro lugar las calizas, pero es indudable que se encuentran en muchos otros lugares de la comarca, por la abundancia del caliche. No encontré fósiles macroscópicos, sin embargo debo confesar que mi búsqueda no fué muy intensa.

Intrusiones.

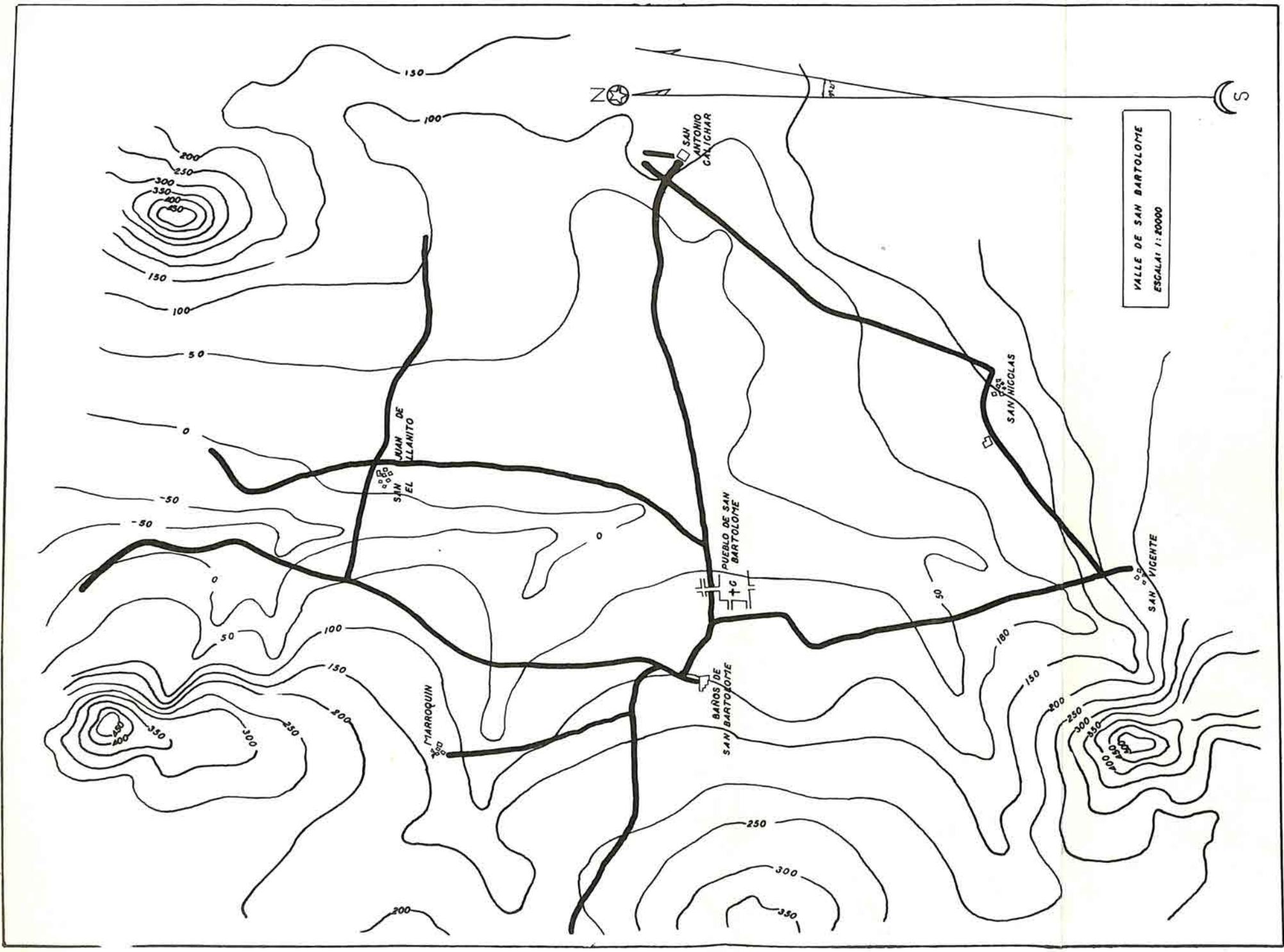
La base de la pirámide de El Cerrito, junto a la Villa de Nuestra Señora de El Pueblito, está formada por dos rocas intrusivas. Del lado Occidental aparece la más antigua, que es una dacita porfiroide de color rosado, muy resistente al fracturamiento por impacto. Parte de esta roca, se encuentra bandeada con textura fluidal, presentando un fuerte echado, casi vertical hacia el Oeste, teniendo una coloración gris-rosado.

El lado Oriental de la base, es más reciente y está formado por una intrusión basáltica, que levantó a la dacita y es probablemente la causante del bandeado que se observa en porciones de la roca anterior.

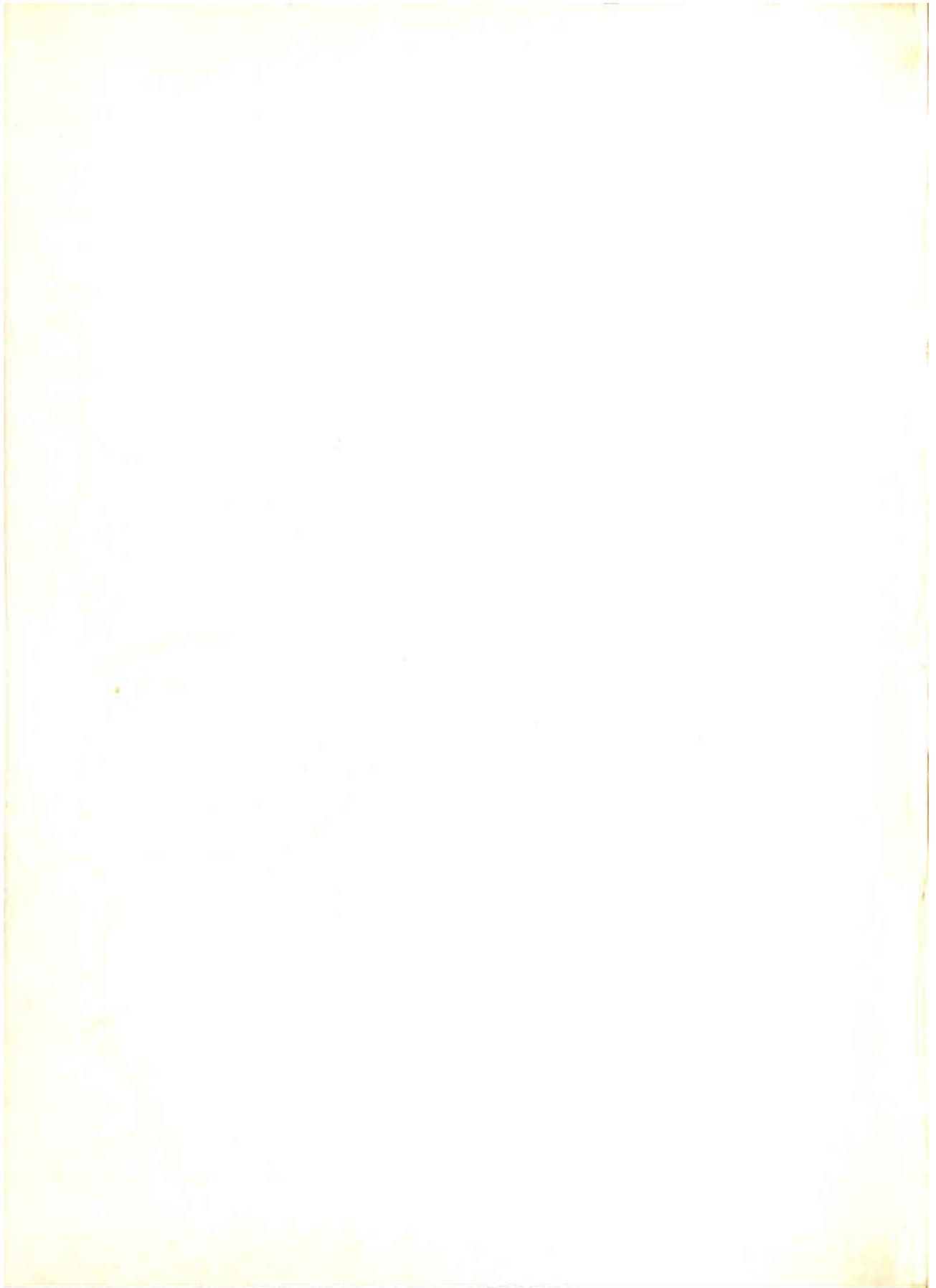
CORRELACION TENTATIVA DE LA GEOLOGIA
EN LOS ALREDEDORES DE QUERETARO, QRO. -

	Estudio del Ing. Juan D. Villarello. (14)	Observaciones del Sustentante en San Bartolomé.
Reciente.		Evaporitas Suelos
		} Geyserita
Pleistoceno no.	Labradoritas Riolita Axiolítica	Labradoritas Basaltos de Olivino No Observada
Plioceno	Andesita de Hornblenda Toba Riolítica Silicificada. Arena Pumicítica Toba Riolítica Rosada a veces silicificada. Riolita Porfiroide	Toba Riolítica Arena Pumicítica Toba Riolítica Silicificada. No Observada; Posiblemente se encuentra a profundidad.

(14).- Juan D. Villarello. Hidrología Subterránea de los Alrededores de Querétaro. 1905.



VALLE DE SAN BARTOLOME
ESCALA: 1:20000



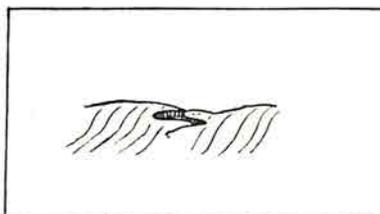
b) ESQUEMA ESTRUCTURAL.

La geología estructural, es un tema difícil de abordar, - sin embargo es sumamente interesante para hacerla a un lado, sobre todo en ésta región en que la tectónica parece ser el factor decisivo en la circulación de las aguas subterráneas, mucho más importante - que la estratigrafía, debido a que los principales mantos acuíferos circulan por grietas y son interceptados por diques, pasando las -- grietas de una formación a la siguiente, haciendo complicado cualquier estudio preliminar. He aquí un ejemplo: En la hacienda de La Noria, hay a corta distancia hacia el Sur, una montaña en la que -- brota un manantial cerca de la cima; al pié de la falda, se cavó un pozo que pasa de los 40 metros sin haber encontrado más que arena - pumicítica húmeda. Aquí se llegó a un basalto intrusivo, con dos - fracturas que se cruzan, suspendiéndose las obras temporalmente. En este caso, parece que fué un dique el que preservó a la montaña de la erosión, y que sirve de represa para hacer brotar el manantial, - y al saltar el agua al dique, desaparece en la arena y roca fracturada.

Otro magnífico ejemplo lo suministra un pozo enorme como de 10 metros de lado por unos 15 de profundidad, cavado por un señor Jáuregui en La Cañada, junto al lugar conocido por Los Socavones, en que brotan otros manantiales que alimentan al río de Querétaro en el contacto con la riolita fresca. El pozo en cuestión --- muestra una intrusión basáltica fracturada, una de cuyas ramas produce un horst muy interesante en la toba riolítica. En la intrusión basáltica se hallan perforados varios túneles, y el agua brota siempre por fracturas en gran abundancia, a pesar de mantenerse sobre - elevado el nivel de descarga hacia el río.

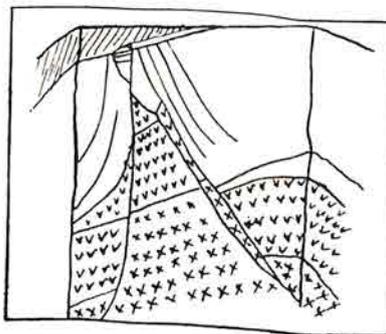
A pesar de que se carece de perforaciones en los valles, - u otras exploraciones que confirmen la estructura, no es improbable

que sean formados por gravens, habiendo sido ya erosionados muchos de los horsts a que con seguridad dieron lugar las numerosas intrusiones que hoy día afloran, como la base de la pirámide de El Cerrito.



En la montaña que se encuentra al fondo del paisaje, puede apreciarse una de las numerosas cañadas que desembocan en el valle de Querétaro. Esta ha sido erodada profundamente en las proximidades de la cima de la montaña, al arrastrar las aguas los materiales alterados por escape de gases a través de fracturas tectónicas; así que el cauce de la cañada indica líneas de fractura. A la derecha se ha representado el accidente por medio de un dibujo haciéndolo resaltar ya que en la fotografía no se aprecia muy distintamente.

Esta loma se encuentra al Sur de El Pueblito, y la cañada es por donde desciende el río Huimilpan.



Horts producido por una intrusión de una roca básica en la riolita y toba riolítica. Fué puesta al descubierto al alumbrar por medio de este enorme pozo el manto acuífero en la vecindad del lugar conocido por Los Socavones, en La Cañada de Hércules.

¿A qué profundidad se encuentra roca impermeable en los valles? es un enigma, pero es indudable que gran cantidad de agua desaparece en ellos, pues los escasos pozos que se han hecho en el pié de las lomas que los limitan, casi todos del lado Norte, descargan una gran cantidad de agua, siendo que los valles casi siempre están secos.

La alineación de cadenas montañosas bordeando cuencas o valles alargados formados probablemente por bloques hundidos, el paralelismo de las fracturas y el enriquecimiento en sales de los terrenos vecinos a las posibles fracturas que dan lugar a las cañadas, tienen gran semejanza con las cuencas de Nevada en los Estados Unidos, quizás hallándose estas de Querétaro en un período de formación más reciente que las del Oeste de los Estados Unidos, y que han sido clasificadas estructuralmente con el nombre de Basin Range Structure. (17)

Sería aventurado y sumamente escabroso relacionar ambos con empujes continentales, sin embargo, tantos factores hacen tan su gerente aventurarse en tal especulación de este enigmático problema, que me atrevo a sugerirlo, con el respeto debido a mis maestros.

Será interesante presentar en un cuadro, los rumbos observados para las diaclasas en la región por Villarello y por Heriberto Camacho, así como las observaciones hechas por el sustentante.

Rumbos observados en las diaclasas de los alrededores de la ciudad de Querétaro por el Ing. Juan D. Villarello. (14)

Riolitas y tobas riolíticas de Chichimequillas y La Cañada de Hércules.	N 60°-70° W N 20°-35° E N 70° E
Tobas, labradoritas y arenas de San Francisco, Arroyo Hondo y Lo de Casas.	N 10° W N 67° E
Río Huimilpan; cerca de su confluencia con el arroyo de Bravo.	N 30° W

Rumbos observados en las diaclasas encontradas en la región Sud-Oriental del estado de Querétaro por el Ing. Heriberto Camacho. (25)

Baños de La Granja, en Tequisquiapan.	N 25° E -	E W
Tetillas y El Ciervo; Distrito de Cadereyta.	N 40° N 69° S 76°	W W W
Peña de Bernal; Nacimiento del río Tolimán.	N 45° N 60° N 10° N 75°	W W E E
Arroyo de San Juan de la Rosa; Tributario del San Pablo en Puerto del Aire, afluente del Tolimán.	N 28° N 45°	E E

Observaciones del sustentante en los alrededores de San Bartolomé.

Diaclasas en la toba riolítica, en una excavación en la loma que domina al casco de la hacienda de Balbarena.	N 72°	W
Posible sistema de fracturas en el valle de San Bartolomé, deducidas de los procesos erosivos, la geología y geomorfología del lugar.	N 72° N 42° N 4°	E W E

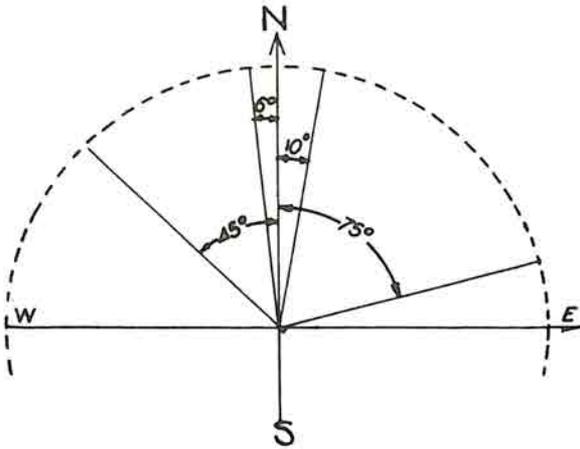
Será importante hacer notar, que son los grandes sistemas de fracturas los que facilitan el volcanismo, y son susceptibles de imprimir profundas modificaciones al relieve, cuando permiten el escape de gases hacia la superficie, alterando las rocas.

Entre la litoclasas citadas, las de la Peña de Bernal, tienen posibilidad de ser las más íntimamente relacionadas con los grandes fenómenos diastróficos, ya que se trata de un cuello volcánico.

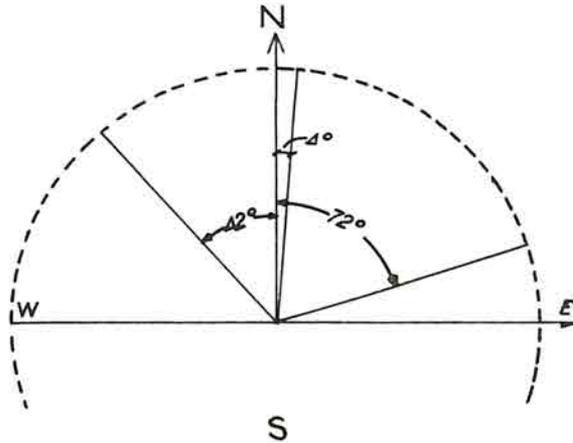
Si la topografía del valle de San Bartolomé, ha sido modificada en gran parte debido a fenómenos de alteración de las rocas causado por escape de gases, y las fracturas por donde estos escapes han ocurrido, es muy probable que se continúen a cierta profundidad.

En este caso estamos en la obligación de hacer notar la -

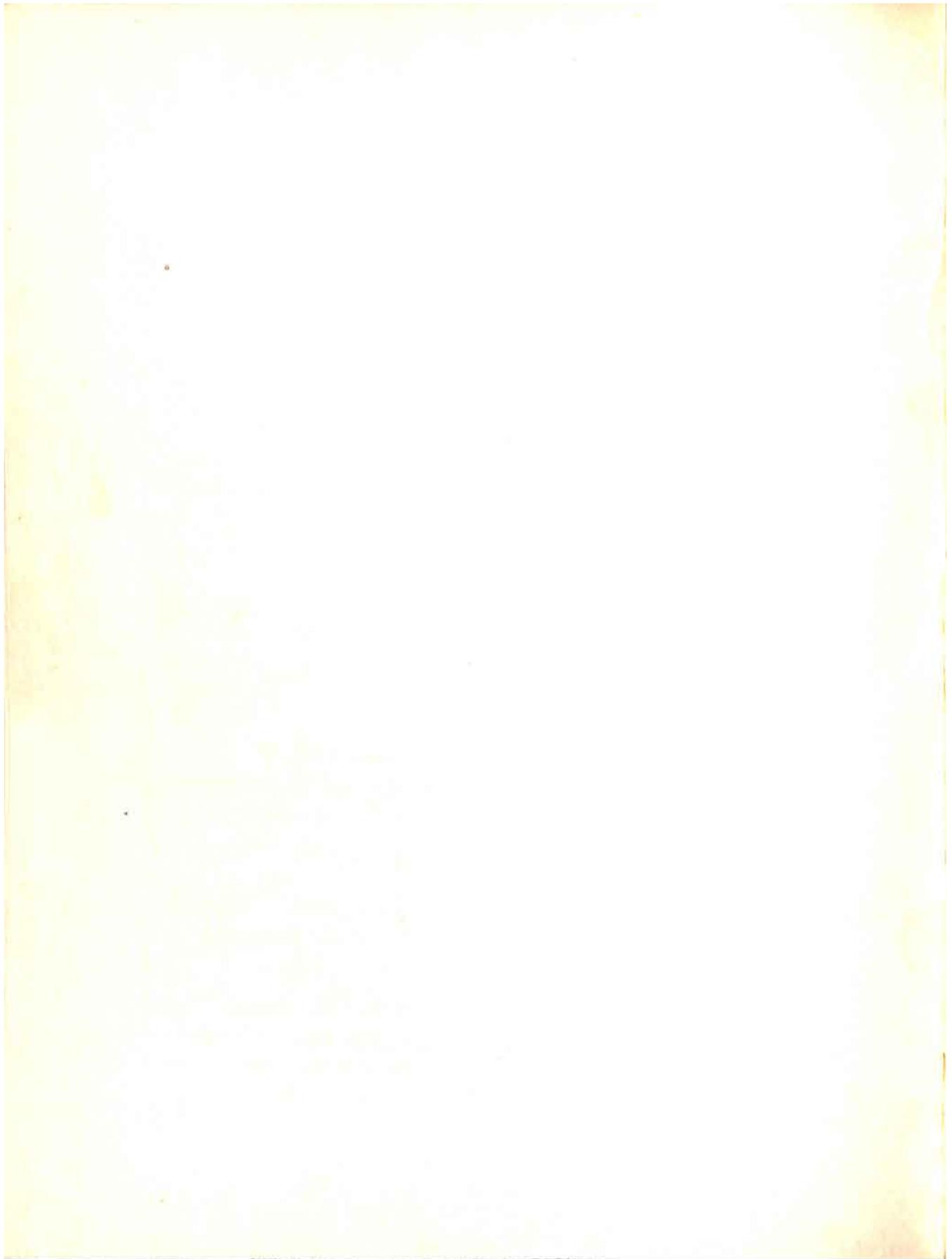
semejanza que existe entre los rumbos hallados para las litoclasas encontradas en la Peña de Bernal por el Ing. Heriberto Camacho y el posible sistema de fracturas deducido en el valle de San Bartolomé.



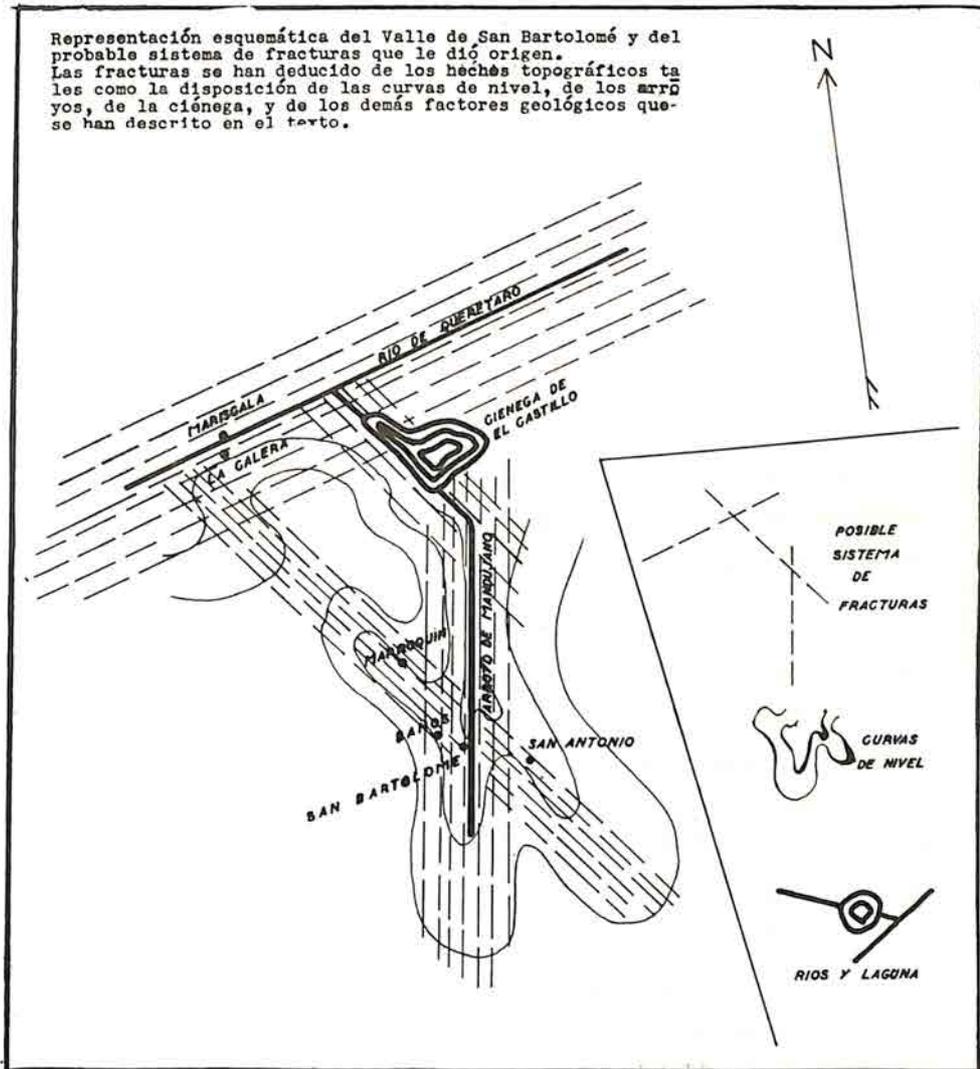
SISTEMA DE FRACTURAS EN LA PENA DE BERNAL.

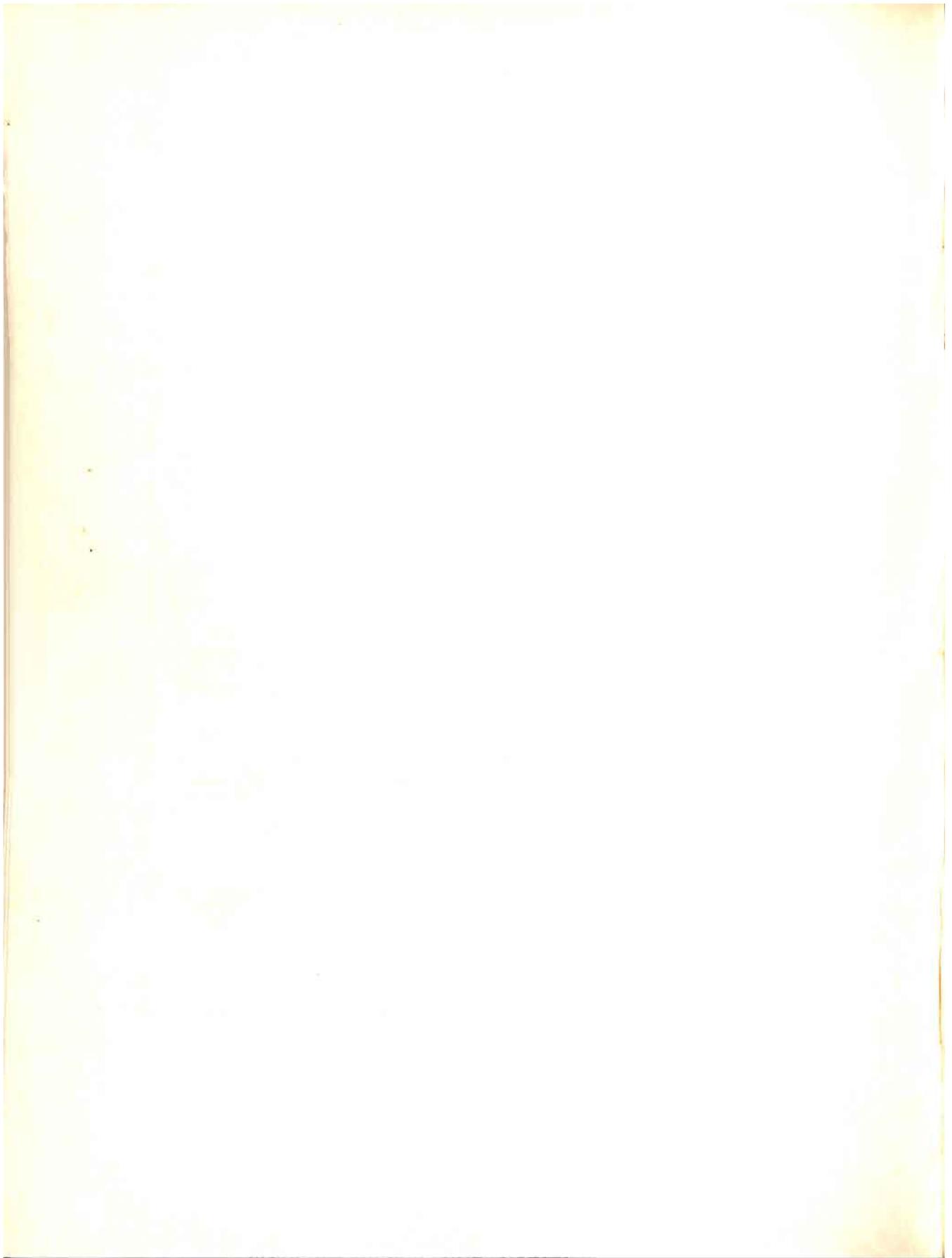


SUPUESTO SISTEMA DE FRACTURAS EN EL VALLE DE SAN BARTOLOME.



Representación esquemática del Valle de San Bartolomé y del probable sistema de fracturas que le dió origen. Las fracturas se han deducido de los hechos topográficos tales como la disposición de las curvas de nivel, de los arroyos, de la ciénega, y de los demás factores geológicos que se han descrito en el texto.





V. - GEOHIDROLOGIA DE SAN BARTOLOME.

a) Descripción General.

Como fase inicial del trabajo geohidrológico, se configuró el área en que brotan los manantiales que rodean al principal, - en que brota este, fumarolas, canales de conducción, construcciones y demás. De este plano, dibujado a escala 1/1000, se construyó una maqueta que facilite explicaciones y proyectos posteriores.

Una simple inspección al plano o la maqueta, bastan para ver que los manantiales que rodean al principal, todos ocurren donde cambia la pendiente del terreno, y aproximadamente al mismo nivel, esto es, brotan en el contacto del basalto de Idinxita u Olivino con el relleno de talud, y algunos de ellos vuelven a desaparecer en el dicho relleno, lo que indica ser este bastante permeable. Indudablemente es mayor el agua que el basalto descarga al relleno de talud, perdiéndose bajo el valle y reapareciendo en la Ciénaga de El Castillo, que el pequeño gasto que se observa dan esos ojos de agua.

El manantial principal se encuentra en el relleno de talud, en una excavación, y aunque brota a una temperatura mucho más elevada que los que lo rodean, es alimentado por el mismo manto de

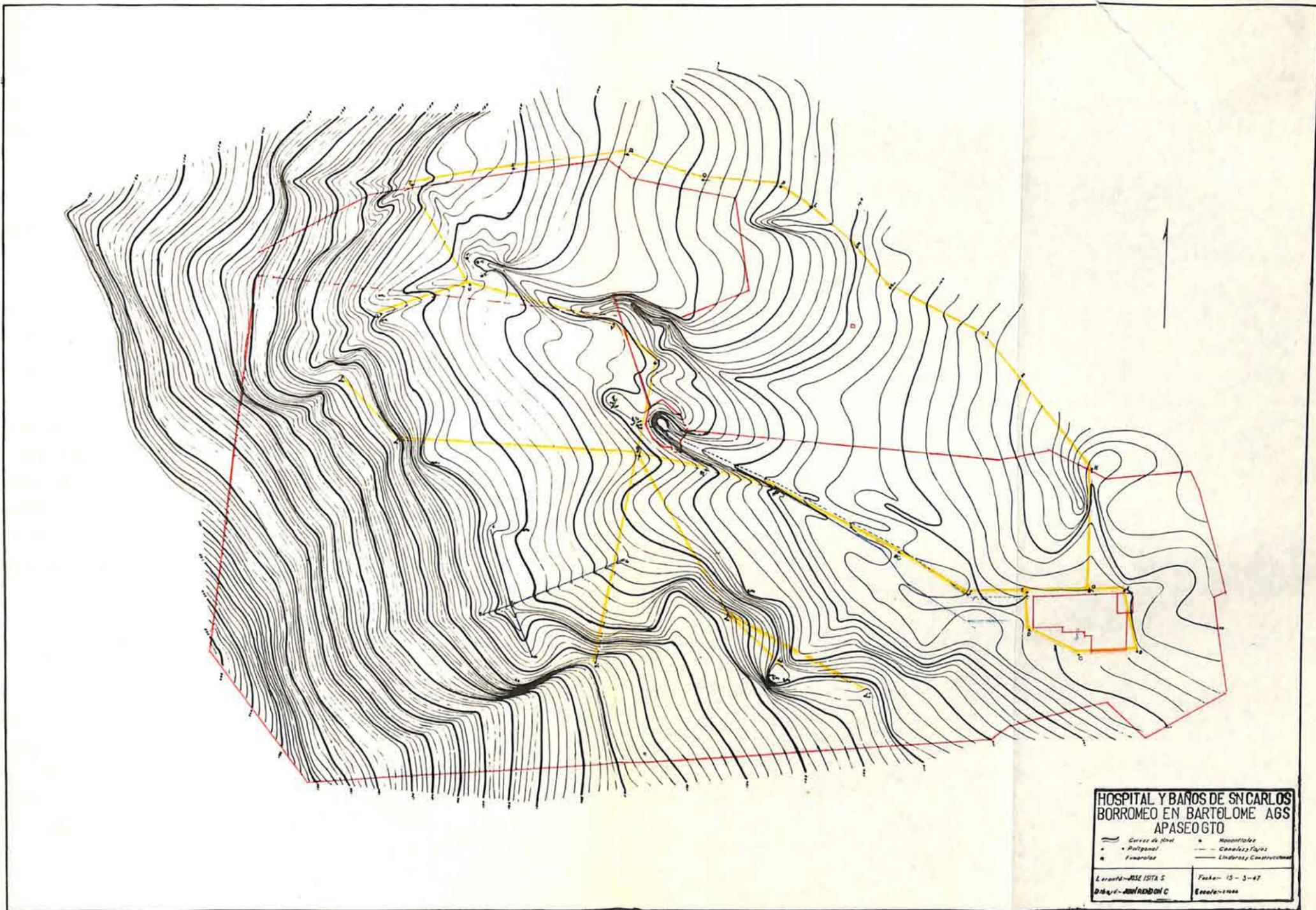
aguas meteóricas.

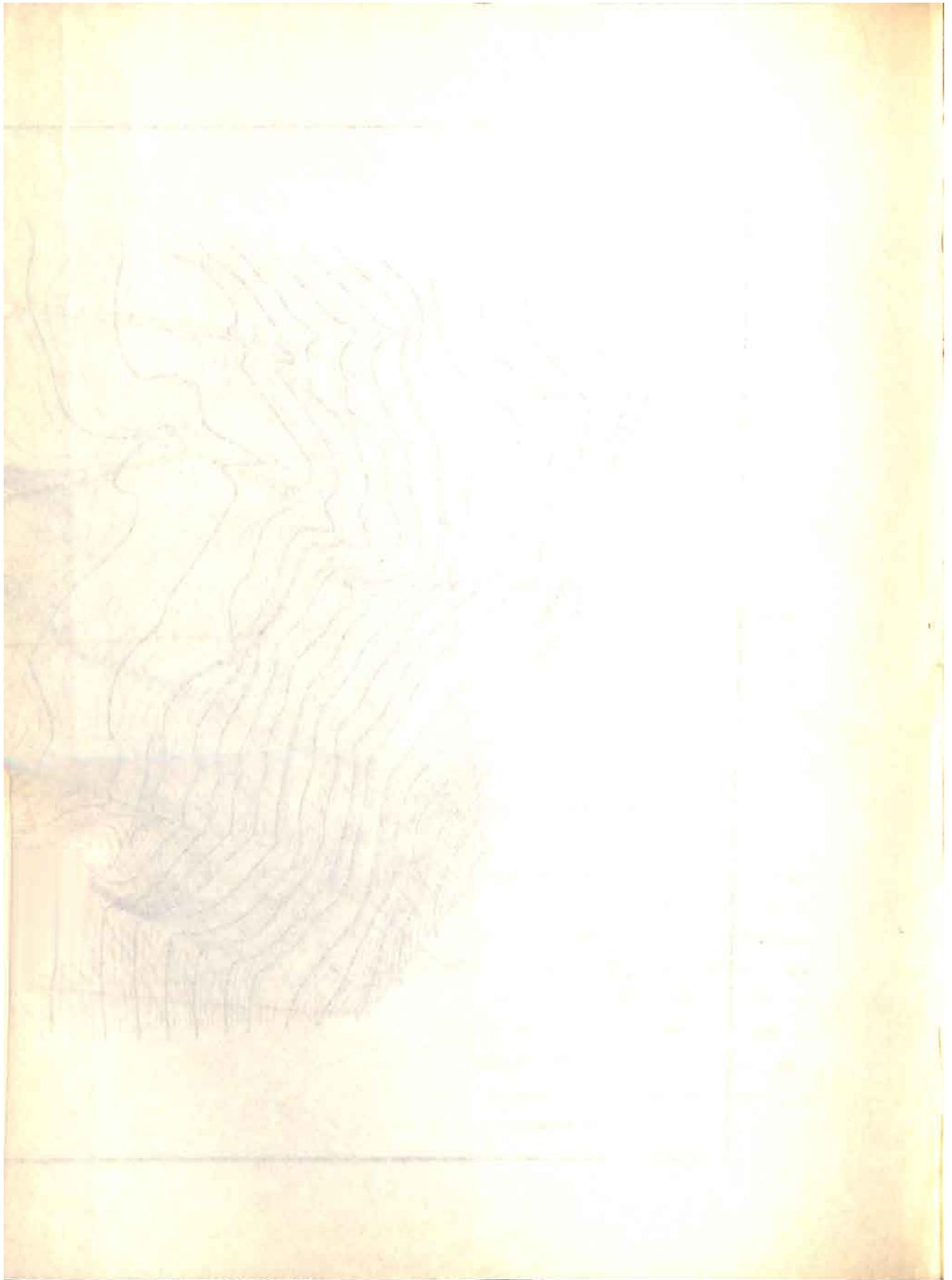
Existe escape de gases del subsuelo a elevada temperatura, y se observan en primer lugar por una hilera de fumarolas alineadas en dirección NW-SE, separadas en dos grupos por una distancia de -- 160 metros. Las que se encuentran al Sur, parte de su escape ca--- lienta al manantial principal, agitándolo fuertemente. Las que se encuentran al Norte, aparecen en las paredes de un arroyo seco, y - en dos de ellas el vapor escapa con zumbido. En estas se tomaron - muestras de gases en un tubo al vacío, y muestras del vapor, conden sándolo con un serpentín en una botella. De las que se encuentran - al Sur, se recogieron los sublimados, y cerca otros cristales; del - manantial principal se tomaron las muestras para el análisis del -- agua. Desde luego que la zona en que ocurren escapes de gases es - mayor y se advierte, bien por manchones amarillos de los sublimados o por una coloración roja en el terreno unido a una ausencia de ve - getación, en que a poco de remover la tierra con la mano se advier - te un aumento considerable de temperatura. Esta zona tendrá unos - 300 por 400 metros o sea unas 12 hectáreas, aproximadamente.

b) Gasto del manantial principal y propiedades físicas del agua.

Gasto del Manantial Principal.

Desgraciadamente, dificultades con los moradores del pue - ble de San Bartolomé me han impedido insta... un pequeño vertedor - para conocer el gasto en diversas épocas del año, a fin de determi - nar la influencia que pudieran tener las estaciones de lluvias y de sequía, y sólo he podido medir en el mes de diciembre de 1946 el -- gasto aproximado, en un canal rectangular dentro del edificio de -- los baños, observando el tiempo que tarda en recorrer una longitud - de 2 metros, una partícula pequeña flotando a la mitad del canal, - lo que arrojó un gasto de 11 litros por segundo.





For la misma razón me ha sido imposible, aún hacer instalaciones rudimentarias para conocer el gasto aproximado de los otros manantiales.

Propiedades Físicas de Manantiales y Fumarolas.

Temperaturas.- En el manantial principal era imposible tomar lecturas en el agua agitada por escape de gases, así que se ató el termómetro en la parte media de un recipiente como de 10 litros, y se sumergió llenándose de agua del Hervidero lo que garantizó hacer una fácil lectura prácticamente a la temperatura original, y esta fué de 94:6° C.

94.6° C. es la temperatura de ebullición del agua a la presión de 625 mm. de mercurio.

A fin de cotejar esta presión crítica con la presión en el lugar tuve que recurrir a los registros de presión barométrica observados en Querétaro, que es el único lugar en la región que cuenta con estación barométrica. A este objeto pedí los datos obtenibles en el Observatorio Meteorológico de Tacubaya y se me suministró el registro a partir de 1942 y que consigno a continuación:

SERVICIO METEOROLOGICO MEXICANO.
Querétaro, Gro.- Presión media en mm. de Hg.

Años	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	ANUAL
	600+												600
1942	---	15.5	15.7	15.8	15.9	15.6	17.8	16.6	16.7	17.3	17.5	17.9	16.6
43	17.6	18.4	16.6	16.6	16.3	17.4	17.9	17.1	16.8	17.0	18.1	17.7	17.3
44	17.5	16.9	15.8	15.5	16.6	15.3	17.9	16.9	16.4	16.6	17.1	17.2	16.6
45	15.5	14.8	14.0	13.8	14.1	13.8	14.7	14.6	14.5	14.7	15.3	14.5	14.5
46	14.3	14.1	13.8	14.2	12.9	15.0	15.2	14.8	13.7	13.7	14.4	14.6	14.2
47	14.0	13.9	13.3	13.3	13.7	13.3	15.1	14.5	15.2	14.2	14.1	14.3	14.1

Promedio de presión media 615.55 mm.

El promedio de las presiones observadas es 615.55 mm. de mercurio, que es la presión crítica de ebullición para la temperatura de 94.2° C., o sea que la temperatura observada en El Hervidero es la temperatura de ebullición del agua a la presión existente.

En los otros manantiales de alrededor, las temperaturas variaron de 32° C. a 68° C., para el manantial más próximo a las fumarolas situadas más al Norte.

En las fumarolas, la temperatura observada fué prácticamente la misma que en el manantial principal, porque aunque sólo leí 94° C., esto se debió a que el vapor me impedía leer, y al retirarlo bajaba la temperatura rápidamente. En todas obtuve iguales lecturas, aún en las que el escape de vapor era muy reducido.

Aún cuando proyecté tomar temperaturas a un metro de profundidad en diversas partes del terreno, no logré conseguir un termómetro de máxima para 100° C. Quizás tampoco hubiera sido muy útil, pues no siendo el terreno un material perfectamente homogéneo las isothermas no indicarían líneas de escape de gases en la roca más profunda, sino sólo las irregularidades del relleno de talud que facilitan dicho escape. Allen y Day ⁽¹⁹⁾, confiesan que al perforar pozos en The Geysers, en California, las isothermas que obtuvieron no correspondieron a las variaciones de temperaturas obtenidas al perforar.

Otras Propiedades.

El color del agua es ligeramente opalino, no habiendo sido determinada su turbidez.

Es bien notable el olor a Acido Sulhídrico, que desaparece a poco de airearse el agua.

El sabor es ligeramente alcalino.

Por lo que respecta a las fumarolas, al preparar el desti

lado observé un sabor amargo que había desaparecido cuando se hizo el análisis a pesar de estar bien cerrada la botella. Algunos geólogos me han sugerido deberse este sabor probablemente al Acido --- Sulfhídrico.

c) Circulación de las aguas en el subsuelo.

Con excepción de los terrenos formados por sedimentación reciente, la circulación de las aguas tiene lugar por medio de las fracturas tectónicas. Esto no es posible observarlo en la superficie del terreno, pero felizmente tanto en el pasado como hoy día, - habitan la región agricultores de mucho empuje que no se han detenido en costos a fin de obtener agua del subsuelo y han perforado varios túneles, según el método antiguo cuando no había las bombas y técnica de perforación vertical con que hoy día se cuenta para explotar los recursos hidráulicos del subsuelo.

En estos túneles se aprecia perfectamente que independientemente de la formación, sea ignea o relleno de talud, es por fracturas tectónicas por donde mana el agua. Sólo así se explica porqué en La Punta, encontrándose 2 pozos, distantes el primero del segundo 4 metros al bombear uno de ellos como 60 litros por segundo - desciende el nivel freático como 2 metros y en el segundo pozo se observa una fluctuación de unos 20 cm.

Un cono de depresión tan reducido indica una permeabilidad pequeña lo que contradice la enorme cantidad de agua que produce el pozo, pero es perfectamente explicable si el agua circula por fracturas y los dos pozos se hallan en diferentes fracturas con débil comunicación. Por esta razón me he abstenido de efectuar una prueba de bombeo para determinar la trasmisibilidad de los acuíferos en la región, pues las fórmulas del Dr. Theis, de Jacob y de Wenzel se aplican a acuíferos homogéneos, e ignoro si serán válidas para su aplicación a sistemas de fracturas dada la variabilidad ob-

servada para la posición relativa de dos o más pozos, esto es si se encuentran en la misma fractura o en otra cualquiera.

Yo solo he tenido oportunidad de visitar 2 túneles, el de La punta y otro en un lugar llamado El Salto, a cosa de 15 kilómetros al Norte de este lugar, pero ya he citado las numerosas fracturas que existen en la región.

El Ing. Villarello afirma también que las litoclasas son las principales responsables de la circulación subterránea, en su obra sobre los Alrededores de Querétaro.

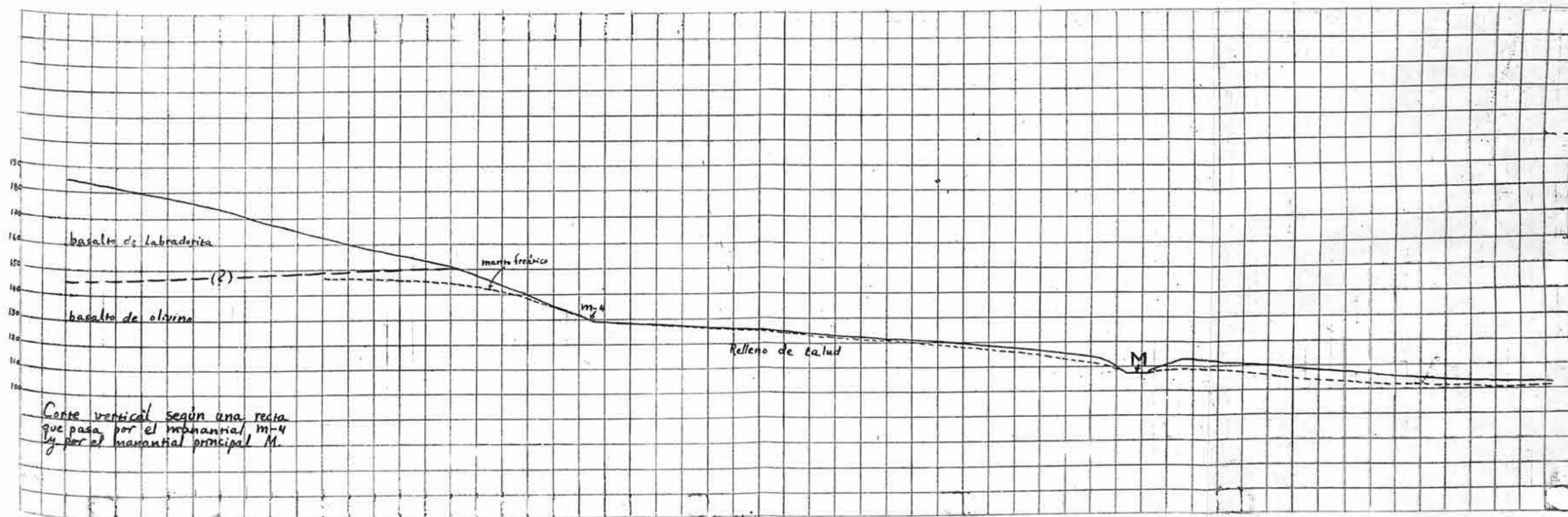
En San Bartolomé hemos dicho que el manantial principal -- brota en un relleno de talud y este es reciente, lo que quiere decir que no está cementado y ahí sí tenemos un acuífero homogéneo y no según fracturas; a lo menos esto parece en la superficie.

d) Análisis Químico.

Del Agua.- Para el análisis químico del agua se ató una hilera de cinco botellas en el mismo recipiente que sirvió para tomar la temperatura del manantial principal, a fin de evitar que trobaran por un calentamiento brusco, llenándose poco a poco el recipiente, y después sumergiéndolo completamente para llenar las botellas cuya capacidad sumaría unos dos litros.

Las botellas se llevaron al Instituto Geológico Nacional, habiendo hecho el análisis el Químico Carlos B. Beristain.

El resultado sobre el contenido de sílice se obtuvo llevando a sequedad y es posible que esté bajo, pues como me indicó -- Mr. Donald White en Carson City (Nevada), un proceso de silicificación tan rápido como para silicificar en 6 meses o un año, tallos de vegetales, debe requerir por lo menos una concentración de 300 partes por millón de Sílice, pero en México no se dispone de espectrómetros para dicho análisis, por lo que no es posible hacer otra cosa por el momento.





El pH indica que son fuertemente alcalinas en vez de ácidas, como se hubiera podido suponer por el desprendimiento de ácido sulfhídrico, parte del cual debe dar lugar a la formación de ácido sulfúrico, pero los resultados indican que no es el factor dominante.

A pesar de haber en la vecindad depósitos acuosos de Manganeso, el análisis muestra que no se halla este actualmente en solución en el agua, lo que puede indicar un cambio en la composición del agua o que el depósito se verifica sumamente lento. El fierro es posible que pase a férrico muy rápido depositándose, no apareciendo sino huellas en solución.

A continuación presento el análisis que se hizo:

INSTITUTO DE GEOLOGIA.

Orden:- 621
Exp.- 91/641.2/1.ANALISIS NUMERO 8552

Muestra de agua procedente de San Bartolomé, Aguas Calientes,
Gto. Remitida por Recursos Hidráulicos.

Agua turbia con sedimento blanquizco abundante y con olor a hidrógeno sulfurado. La muestra vino envasada en botellas tapadas con tapones de hule.

Sedimento -----	332	mgr. por litro
Residuo total -----	721.5	" " "
pH -----	9.3	" " "
Hidrógeno sulfurado (H ₂ S) -----	32.9	" " "
Sílice (SiO ₂) -----	169.5	" " "
Carbónico (CO ₂) -----	158.3	" " "
Cloro (Cl) -----	98.8	" " "
TetraBórico (B ₄ O ₇) -----	5.0	" " "
Fosfórico (HPO ₄) -----	huellas	
Nítrico (NO ₃) -----	no hay	
Sulfúrico (SO ₄) -----	38.4	
Fierro (Fe) -----	huellas	
Manganeso (Mn) -----	no hay	
Calcio (Ca) -----	4.3	
Magnesio (Mg) -----	huellas	
Sodio (Na) -----	174.0	
Potasio (K) -----	4.4	
Litio (Li) -----	7.3	

Agrupación hipotética de los constituyentes anteriores.

Hidrogeno sulfurado (H ₂ S) -----	32.9	mgr. por litro
Sílice (SiO ₂) -----	169.5	" " "
Sulfato de Calcio (CaSO ₄) -----	14.6	
Sulfato de Sodio (Na ₂ SO ₄) -----	41.6	
Cloruro de potasio (KCl) -----	8.4	
Cloruro de sodio (NaCl) -----	156.3	
TetraBorato de sodio (Na ₂ B ₄ O ₇) -----	6.5	
Carbonato de sodio (Na ₂ CO ₃) -----	224.5	
Carbonato de litio (Li ₂ CO ₃) -----	38.6	

México, D.F. a 27 de marzo de 1947.
El Investigador Científico.



Ing. Carlos B. Beristáin

Análisis de los vapores de las fumarolas.

En el grupo Norte de fumarolas, seleccionamos la que mostraba mayor descarga de gases. Primero se cavó ligeramente el lodo de donde salía y se cubrió con un lecho de piedras, a fin de asegurar un medio permeable, sin desprendimiento de partículas arcillosas que obstruyesen el conducto de toma. En seguida se puso en contacto con el lecho de piedras la boca del tubo de toma y se pusieron unas piedras alrededor, tapándose todo con un masacote de lodo y pasto, a fin de obstruccionar todo escape fuera del interior del tubo.

Una vez acondicionado el dispositivo de toma, se siguieron dos procedimientos para la toma de muestras:

El primero fué conectar directamente con el tubo de toma, por medio de un tubo de goma, un frasco de 2 litros de capacidad, en que se había hecho previamente el vacío, y que me fué suministrado por el Ing. Luis Espino Flores, del Instituto Geológico Nacional. Lentamente se fué abriendo la llave del frasco a fin de evitar que se estrellara por calentamiento demasiado brusco, hasta abrirse completamente, que volví a cerrar cuando cesó el ruido, indicando que ya no entraba más gas en la botella.

El segundo procedimiento empleado fué, condensando en una botella abierta, por medio de un serpentín enfriado por agua. Esto lo hice para asegurar mayor cantidad de muestra, permitiendo observar impurezas que pasarían desapercibidas en la prueba del tubo vacío. Este análisis lo preparó el Químico Francisco Illescas, de la Secretaría de Recursos Hidráulicos, en el Instituto Geológico Nacional.

En seguida presento los resultados de ambos análisis:

INSTITUTO DE GEOLOGIA.
(Geología, Geofísica y Geodesia).

Orden: 621-A

Exp. 91/641.2/1

ANÁLISIS de una muestra de gas procedente de San Bartolomé,
Aguascalientes, Estado de Guanajuato, recibida por conducto del
Sr. José Isita.

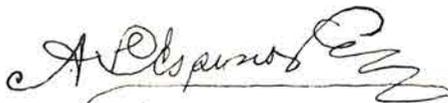
Análisis practicado por: A.L. Espino Flores.

En el gas seco:

CO₂ ----- 3.13 % en volúmen
O₂ ----- 20.29 " " "
N₂ ----- 76.58 " " " (por diferencia)

México, D.F., a 22 de marzo de 1947.

INVESTIGADOR CIENTIFICO


A.L. Espino Flores.

NOTA:- La muestra contenía 38.5 c.c. de agua.

Gas contenido en la muestra 876.9 c.c. en condiciones normales.

El gas venía a la presión de 290 mm. de Mercurio.

Informe del Análisis de un Condensado, muestra entregada por el Sr. Ing. D. Ramiro Robles y tomada por él y por el Sr. Ing. H. Larios.

Acido sulfhídrico: 0.127 g/~~lt.~~

Acido carbónico: 0.0148 g/~~lt.~~

pH: 6

México D.F. 12 de marzo de 1947.



Fco. R. Illescas P.

Análisis del colectado en el tubo de vacío.- Como se verá por el análisis adjunto, los gases desprendidos están formados por vapor de agua con gases no condensables formados principalmente por Nitrogeno, Oxígeno y Anhídrido Carbónico, los dos primeros gases no condensables casi en la misma proporción que se observa en la mezcla atmosférica, enriquecidos notablemente por anhídrido carbónico.

Análisis del colectado en el condensado.- Por comunicación verbal, el Químico biólogo Illescas me informó que casi todo se componía de agua con mucho Azufre coloidal que no determinó cuantitativamente.- Es interesante que el Potencial Hidrógeno arroja una ligera acidez de 6, cuando el análisis del agua daba un pH alcalino de 9.3.

Desgraciadamente, el hecho de que ambos análisis, del agua y los de las fumarolas, se hiciesen al mismo tiempo, impidió insistir en que en estos se buscasen trazas de ciertos elementos, como el Boro, que aparece en el análisis del agua, y que en opinión

de algunos geólogos es una posible indicación del origen juvenil de algunas aguas. Sin embargo, la presencia del azufre coloidal habla de que existe relación con rocas ígneas, aparte de las temperaturas observadas.

Hasta aquí puedo afirmar, pues queda fuera de mi competencia discutir el proceso de formación o calentamiento de estas aguas profundas.

Clasificación del Agua.

A fin de clasificar el agua, balancé los aniones y cationes de acuerdo con el método gráfico de Mr. Arthur M. Piper.

Ion	Partes p. millón.	Factor de conversión.	Equivalentes miligramo por Kg.		Porcentaje del v. de reacción.	
			Sin corr.	Corrección Valor Cor.		
Ca	4.3	0.04990	0.21437	0.0002	0.2142	1.2
Na	174.0	0.04348	7.56552	0.0077	7.5578	42.3
K	4.4	0.02558	0.112552	0.0001	0.1124	0.6
Li	7.3	0.14409	1.051857	0.0011	1.0508	5.9
		Sumas	8.944299		8.9352	50.0
CO ₃	158.3	0.03333	5.276139	0.0053	5.2815	29.6
B ₄ O ₇	5.0	0.01288	0.064400	0.0001	0.0645	0.4
SO ₄	38.4	0.02082	0.799488	0.0008	0.8003	4.4
Cl	98.8	0.02820	2.786160	0.0028	2.7890	15.6
		Sumas	8.926187		8.9353	50.0

Como podrá verse en la gráfica correspondiente, el resultado del análisis del agua cae en las divisiones II, III y VIII, indicando:

II - Que los ácidos débiles exceden a los fuertes.

III - Que los álcalis exceden a las tierras alcalinas.

VIII - Que la alcalinidad primaria excede del 50 %, esto es, que -- predominan los álcalis y los ácidos débiles. En este grupo caen -- las aguas extraordinariamente suaves en relación al contenido de só lidos disueltos.

Según Mr. Piper, la sílice y el fierro férrico sólo se ha llan en suspensión, y no deben incluirse en el balanceo.

Estas aguas se clasificarán como alcalinas sódicas termal- les de alta temperatura, siendo compuestas por una mezcla de aguas- juveniles con algo de aguas meteóricas.

Es notable que los nativos lavan perfectamente bien la ro pa con esta agua, a pesar de la cantidad de sales que contenga, lo- que concuerda con la clasificación de Mr. Piper, de ser aguas muy - suaves en relación con la cantidad de sólidos disueltos.

Este método es particularmente útil cuando se dispone de análisis completos de aguas procedentes de varios lugares próximos, para obtener interpretaciones y correlaciones. Así, Mr. Piper dice que es posible conocer la proporción en que se mezclan 2 aguas con sólo marcar el lugar en la gráfica, correspondiente a la mezcla y - el de las componentes, hallándose las 3 en una recta en los 3 cam- pos de la gráfica; además, sea C el agua resultante de la mezcla - de agua A y agua B:

V_A = Volúmen proporcional del agua de composición A

V_B = " " " " " " " B

M_A = Concentración del agua A en equivalentes miligra- mo por Kg.

$$\frac{V_A}{V_B} = \frac{BC \times M_B}{AC \times M_A}$$

M_B = Concentración del agua B en equivalentes miligra- mo por Kg.

BC = Longitud del segmento sobre la gráfica.

AC = " " " " " " "

Así que conociendo el agua C y los componentes, es posible determinar en que proporción se combinan. En nuestro caso sería el problema determinar en que proporción se mezclan el agua juvenil y la meteórica para dar la mezcla que se obtiene en el manantial principal.

Desgraciadamente yo no conocía este método cuando ordené los análisis, así que no pedí que se hiciese análisis completo del condensado de los vapores de las fumarolas, igual al que se hizo del agua del manantial principal, ni tomé muestras de los manantiales - aguas arriba, pero de todos modos es conveniente hacer notar esta - posibilidad tan útil.

El método gráfico de Mr Piper lo ví usar con gran ventaja en Baltimore, Maryland (E.U.A.) por Mr. Robert R. Bennett, jefe de la oficina en Maryland del Geological Survey, para correlacionar -- las aguas de la misma procedencia (había varios acuíferos en la región) y descubrir el origen de las contaminaciones salinas en los - pozos, tan frecuentes y perjudiciales.

e) Depósitos secundarios formados por las Aguas y Fumarolas..

La importancia de los depósitos formados por las aguas y fumarolas es obvia si se considera que ponen de relieve los contenidos de dichas aguas, que han sido concentrados a través de tiempo más o menos largo, comprobando los análisis directos del agua, mostrando deficiencias en ellos o bien indicando que ha habido cambio en la composición de dichas aguas, y desde luego son una guía para calcular los compuestos hipotéticos que se deducen del análisis, y pueden ser base para investigaciones futuras.

Depósitos de Sílice.

Uno de los depósitos que llama inmediatamente la atención es la profusión de sílice, que formando capas desde muy delgadas --

Gráfica para clasificar las aguas según Mr. Arthur M. Piper

Clasificación de las zonas.

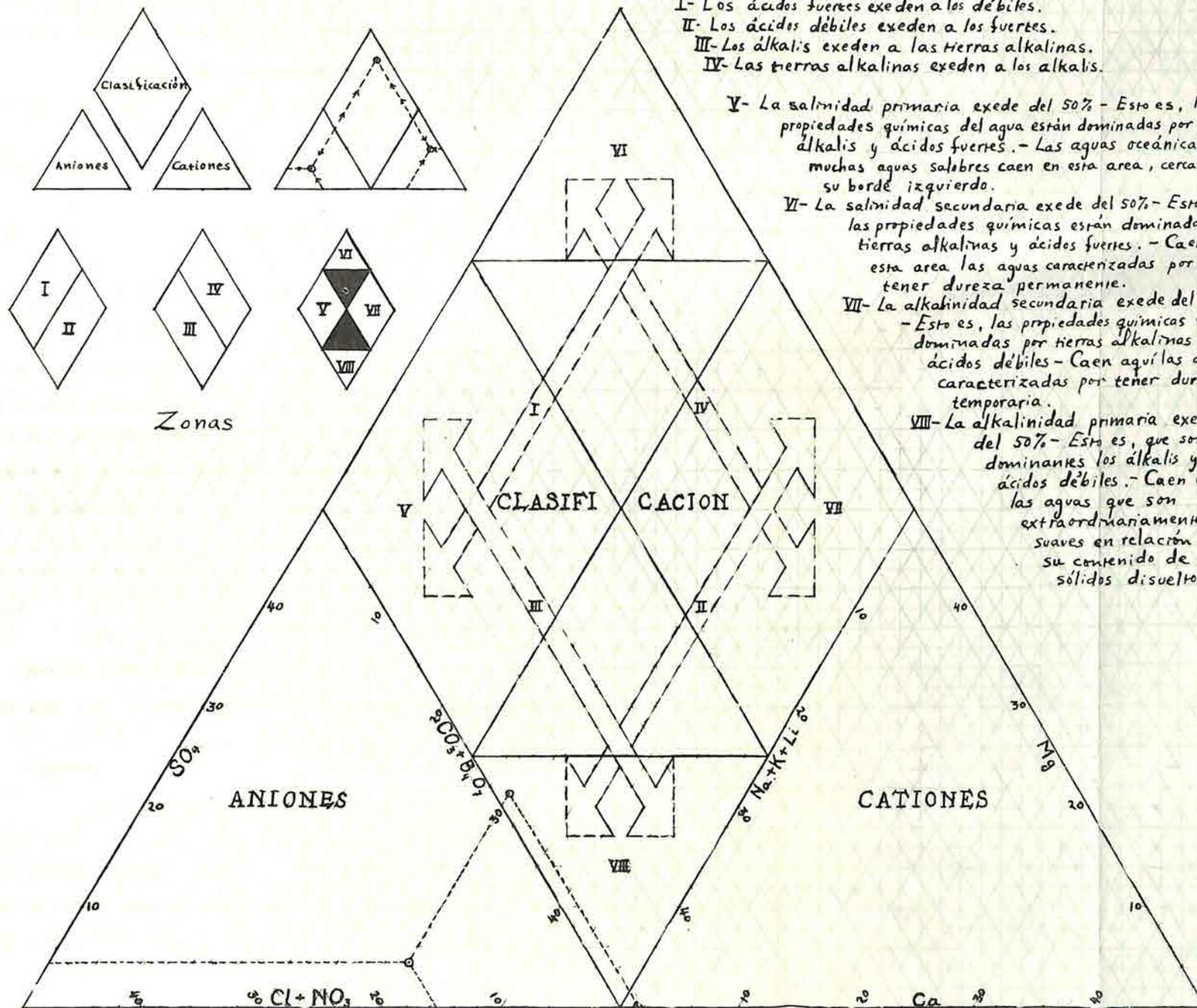
- I- Los ácidos fuertes exceden a los débiles.
- II- Los ácidos débiles exceden a los fuertes.
- III- Los álcalis exceden a las tierras alcalinas.
- IV- Las tierras alcalinas exceden a los álcalis.

V- La salinidad primaria excede del 50% - Esto es, las propiedades químicas del agua están dominadas por álcalis y ácidos fuertes. - Las aguas oceánicas y muchas aguas salobres caen en esta area, cerca de su borde izquierdo.

VI- La salinidad secundaria excede del 50% - Esto es, las propiedades químicas están dominadas por tierras alcalinas y ácidos fuertes. - Caen en esta area las aguas caracterizadas por tener dureza permanente.

VII- La alcalinidad secundaria excede del 50% - Esto es, las propiedades químicas están dominadas por tierras alcalinas y ácidos débiles - Caen aquí las aguas caracterizadas por tener dureza temporaria.

VIII- La alcalinidad primaria excede del 50% - Esto es, que son dominantes los álcalis y los ácidos débiles. - Caen aquí las aguas que son extraordinariamente suaves en relación a su contenido de sólidos disueltos.



1872

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

hasta de unos 30 centímetros de espesor, se advierten en San Bartolomé y la ciénaga de El Castillo, las que ameritan describirse por ser muy notables y estar relacionadas con el motivo de este estudio.

En San Bartolomé, se encuentra sobre el relleno de talud, entre el manantial principal y el edificio de los baños, presentando una coloración gris clara en la superficie y casi negro el interior. El aspecto inmediato parece ser el de una corriente efusiva, advirtiéndose la existencia de fracturas paralelas o en prolongación de la línea de fumarolas.

Hacia la parte N.W. del manantial principal, junto a los manantiales marcados m-1 y m-2, encontré unos canutillos de otate perfectamente silicificados, lo que indica que actualmente se está verificando un depósito muy rápido de sílice. Indica también, que el contenido de sílice en el agua debe ser mayor que las 169.5 partes por millón que arroja el análisis, lo que recomienda análisis inmediato, o sea in-situ, y análisis de los sedimentos depositados en el frasco de recolección. Ya en un estudio realizado en 1772, cita el autor Beaumont haber obtenido silicificación completa de vegetales, en sólo seis meses o un año de exponerlos en el cauce del agua.

Precisamente, los depósitos silicosos presentan una textura como de fibras entrelazadas, que parece se trata de tallos o raíces vegetales silicificados, tanto que sugieren la idea de que su presencia favorece el depósito de sílice, por fijación en los canales vegetales.

El señor Hermión Larios examinó los depósitos, decidiendo que se trata de Geysersita muy pura en sílice, roca notable -- por ser poco común, la que en algunos lugares forma conos cuya abertura se halla hoy obturada. Por el contrario, en la ciénaga de El Castillo merece citarse, porque en este lugar, muchos de los conos

o casi todos, se hallan con una abertura en el centro, cuyo diámetro varía desde completamente obturada hasta como de un metro. Dentro se ve el agua agitada por escape de gases, con diferentes temperaturas, desde 30° C. en los que se observan sólo pocas burbujas, hasta 80° C. con escape activo de gases. El espejo del agua se observa a diferentes profundidades con respecto a la boca de los conos, pero probablemente en todos se halla el agua al mismo nivel freático. Muchos de ellos desbordan en la estación de lluvias por la boca del cono, indicando tratarse de un manto freático alimentado por aguas meteóricas, agitadas por el escape de los gases calientes. Probablemente cuando desbordan se verifica el depósito silicoso que se observa rodea a cada cono.

En la ciénaga de El Castillo, los conos se hallan irregularmente dispuestos en el llano, interponiéndose una delgada capa de tierra vegetal entre el depósito silicoso y la toba riolítica.

Es posible que se haya tratado de un verdadero campo de geysers, por el aspecto de algunas muestras del depósito, tan semejantes a las que se encuentran en los campos actuales de geysers, pero siendo el geysers sólo un aparato con características particulares, es muy probable también, que alrededor de manantiales se haya formado el depósito silicoso sin que forzosamente haya requerido el aparato geysers de lanzar agua a alguna altura. Una investigación futura sería el investigar las sustancias contenidas en los nódulos opalinos que se encuentran en la geysersita. (21)

Depósitos de Azufre.

El análisis del condensado de las fumarolas, arrojaba una gran cantidad de azufre coloidal, y esto es desde luego la causa de los numerosos depósitos de azufre en polvo, próximos a todas las fumarolas y manantiales, así como de las impregnaciones de que se ha hablado en el cementante del acuífero de tezontle.

El azufre viene originalmente como H_2S a la superficie, - donde es reducido a azufre elemental como coloide al reaccionar con el O_2 de la atmósfera con formación de H_2O , siendo posteriormente - precipitado, probablemente formando gran parte del sedimento.

Parte del azufre se ha combinado con el fierro, dando algunos cristales de Pirita.

Depósitos de Calcio.

El calcio se le encuentra formando depósitos, como carbonato y como sulfato.

Como carbonato, se le encuentra en las fracturas del basalto de olivino alterado, cubriendo los depósitos de manganeso, y en algunas de las fumarolas, aunque en estas en poca cantidad. Quizás hoy día su presencia en el agua sea escasa, pues los análisis la muestran muy baja, y no se consideró el calcio bajo la forma de carbonato ácido como probable compuesto hipotético, o bien no se encontraron bicarbonatos. Sin embargo, la presencia de calcio como carbonato, asociado con depósitos acuosos de manganeso, y sublimados alrededor de las fumarolas, indica que debió haber sido transportado como bicarbonato, que debía haber aparecido en el análisis del agua, dada la cantidad de anhídrido carbónico que aparece en el análisis de los gases desprendidos de las fumarolas, y que es un poderoso disolvente del carbonato de calcio.

Como sulfato se le encuentra próximo a las fumarolas y manantiales, así como en el cementante del acuífero de tezontle, formando cristales de selenita muy bien formados, hasta como de 2 centímetros de largo.

Parte de este sulfato es precipitado como yeso por el agua, formando algo de un sedimento blanquizco observado al hacer el análisis del agua. El yeso es algo soluble en agua, y en el análisis

lisis sí se le considera como uno de los constituyentes hipotéticos del agua.

Depósitos de Sodio y Potasio.

Como sulfato de sodio y cloruros de sodio y potasio, se encuentran depósitos en las tierras bajas formando manchones blancos de sales que pueden recogerse con una espátula, y desde luego se hallan mezcladas. Se las encuentra en abundancia en la mitad del valle, en las proximidades del lecho seco del río de Mandujano, y en la vecindad del canal que conduce el agua del manantial principal al edificio de los baños.

La abundancia del sodio es comprobada por los análisis del agua.

Depósitos de Aluminio.

En la boca de las fumarolas se depositan cristales blancos, amarillos y anaranjados, agrupándose caprichosamente, como si formaran marco a pequeños cuadraditos. No forman capas gruesas porque son disueltos por la lluvia. Se trata de sulfato de aluminio hidratado, parte del cual es alumbre, que lo delata el sabor a mordiente.

El aluminio no aparece en el análisis del agua porque es insoluble en agua con este pH.

Aparecen teñidas por una coloración verde, que el señor Larrios encontró ser materia orgánica, pues se carbonizó al aplicarle la llama, parece que se trata de algas microscópicas.

f) Alteración y Depósitos.

La consideración de procesos metamórficos es muy importante para facilitar una mejor interpretación de la influencia que los materiales que se observan en la región, pudieran tener en el compositamiento de las aguas, ya sea desde el punto de vista de su composi

ción u otras consideraciones.

En San Bartolomé, el escape de gases a elevada temperatura ha alterado profundamente la composición y cohesión de las rocas, mostrando lo que se llama metamorfismo hidrotérmico (16). Procesos secundarios de reemplazamiento han vuelto a transformar los productos formados, dando lugar a fenómenos metasomáticos (16)'. .

La poca cohesión de las rocas alteradas ha facilitado su disgregación y acarreo, mezclándolas con otros materiales procedentes de otras capas geológicas, disgregadas por intemperización, complicando la interpretación del problema.

El relleno de talud en que brota el manantial principal, está formado por materiales procedentes de dos capas geológicas; -- el basalto de olivino profundamente alterado y el basalto de labradorita solo disgregado en pedruzcos por fracturamiento. Los productos metamórficos proceden del primero que es el más antiguo.

Desde luego que la alteración no es homogénea, y presenta variaciones muy notables a poca distancia una de otra, y en consecuencia ha dado lugar a diversos depósitos, de los cuales los más notables son los de manganeso, los de fierro y los de caolín con -- sus productos derivados.

Es posible que algunos de ellos hayan tenido cierta responsabilidad en suministrar algunos de los componentes del agua, como los feldespatos, que al ser sustituido el sodio, calcio, potasio, etc. por una molécula de agua para dar lugar a caolín, hayan liberado a aquellos.

Depósitos de Manganeso.

Al Noroeste del manantial principal y a una distancia como de 300 metros, se halla un pequeño corte en el cerro hecho por --

(16) - Pág. 253.

(16)' - Cap. XXI

alguna persona que creyó encontrar metales explotables en la superficie. Deja al descubierto el basalto de idinxita de que se ha hablado ya, y no es fácil reconocer que algún tiempo fué un basalto. Se trata de una roca grisácea, en extremo disgregable, aún con la punta de la navaja, en cuya masa se pueden ver con ayuda de una lente, unos puntos rojos brillantes que es la idinxita. Se halla cruzada en varias direcciones por unas vetillas como de un centímetro de espesor, de un material pardo oscuro, pacto que el análisis - mostró ser bióxido de manganeso, como pirolusita, con algo de hierro, quizás magnetita, aislada de la masa basáltica por una costra blanca de carbonato de calcio.

Las ~~vetillas~~ vetillas de manganeso, probablemente ocupan los -- planos de fractura del basalto, y la costra de carbonato de calcio comprueba que su depósito se efectuó por medio acuoso; es decir, al circular el agua cargada con anhídrido carbónico, éste había disuelto el carbonato de calcio de las calizas por donde pasó antes, pero al penetrar en la formación basáltica que le ofrece fácil circulación, disminuye la presión liberando anhídrido carbónico, y precipitando otra vez el carbonato de calcio. Twenhofel (22), afirma que el manganeso procedente de rocas ígneas, es soluble como bicarbonato en aguas con alto contenido de anhídrido carbónico, y que el desprendimiento de este, precipita al manganeso como carbonato. Dice que también es posible una acción bacterial, tomando anhídrido carbónico del bicarbonato, precipitando carbonato; y sugiere que el anhídrido carbónico puede ser tomado del carbonato, por un proceso de oxidación, dando óxido. Mr. Donald White me hizo observar en ----- Steamboat Springs, Nevada, colonias de bacterias prosperando en los canales que desaguaban a los manantiales, a pesar de la elevada temperatura del agua; tenían el aspecto de una nata grisácea, flotando en el agua adherida a la orilla por un extremo y libre el otro. En-----
(22) - Pág. 407.

San Bartolomé se observan natas semejantes en los canales, que no he podido coleccionar para su observación en el microscopio, pero que de todos modos hago notar, pues no es completamente absurda la idea de una acción bacteriana como responsable de algunos depósitos.

A pesar de la evidencia de depósitos acuosos de manganeso, en el análisis del agua aparece no haber ni huellas, lo que bien, - indica un cambio en los componentes del agua, que es poco probable, o bien, que dicho depósito se efectúa tan lentamente, que la cantidad de manganeso acarreado por las aguas no es detectado por los mé todos ordinarios de análisis.

Depósitos de Fierro.

Los cristales de idinxita son más resistentes y densos que el resto de la masa basáltica, y se han concentrado en lechos rojos como de 10 centímetros de espesor, que pueden observarse en la pared del arroyo que cruza las fumarolas del grupo Norte.

Estos depósitos de fierro son formados por acarreo de partículas finas insolubles, y es posible que ésta sea la causa de que el análisis del agua sólo indique huellas de fierro.

Donde se encuentran dichos lechos rojos atravezados por fumarolas, hay cristales cúbicos muy bien formados de pirita. Desde luego que esto sugiere que la pirita es el resultado de la acción del ácido sulfhídrico de las fumarolas, sobre el fierro de la idinxita, teniendo en cuenta que los cristales de pirita son escasos y pequeños.

Insistiendo en el análisis, hay que hacer notar que es curioso que a pesar de la abundancia de los depósitos de fierro en el paso de los arroyos que de seguro alimentan al principal, este no aparezca en el análisis del agua ni como suspensión, bien que puede ser que se halle en el sedimento que no se analizó.

Caolín y Productos Derivados.

El caolín ($2\text{H}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$), puede proceder según Dana, de la alteración de los feldespatos, siendo por tanto un producto metamórfico.

Al Oeste del manantial principal, y a 270 metros de distancia, se observa una roca color de rosa en la que sería difícil reconocer un basalto. Al acercarse uno, la ve en parte completamente blanca, formando un material arcilloso. Se ha verificado un proceso de caolinitización a costa de la corriente basáltica. En las proximidades pueden colectarse toda clase de variedades del mismo material, como la variedad blanca deshidratada llamada haloysita ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$). Colecté una piedra parte azul y parte verde, que pulí, mostrando algo interesante: En el centro quedaba un núcleo de caolín, que pasaba por transición a un material verde claro, muy duro, y de este pasaba bruscamente a una coloración azul intenso y azul claro; toda la roca estaba atravesada por una vetilla verde-rojiza clara, de cuarzo con algunas ramificaciones, cortando bruscamente sin transición, el núcleo de caolín y la masa vitrea. La interpreté como una porción del basalto fracturado, alterado a caolín por cuya fractura circularon aguas cargadas de sílice llenando la fractura. Mínimas cantidades de óxido de cromo, y óxido férrico, reemplazando parte del sesquióxido de aluminio, formaron el nuevo mineral (probablemente volchonskoita) ⁽²³⁾, teniendo la vetilla cuarcífera no poca participación, pues las coloraciones azules más intensas se observan precisamente en su contacto.

La importancia del caolín respecto a las propiedades del agua, estriba en ser una comprobación más del carácter alcalino de las mismas, pues según Allen y Day, las aguas ácidas transforman el caolín en serpentina, así que de tratarse de aguas ácidas, no sería posible encontrar caolín en la proximidad de los manantiales.

(23) - Pág. 681.

Sin embargo, es necesario mencionar que a este respecto, hay divergencia de opiniones respecto a que el carácter de las aguas para la formación del caolín sea ácido o alcalino (Mineral Deposits, Lindgren).

También es importante la presencia del caolín, porque significa que para formarse, hubieron los feldespatos del basalto de ceder la molécula de óxido del metal alcalino, haciendo posible la formación de sales de dichos metales, siendo posible que esta sea la explicación de su origen.

g) Procesos Erosivos Locales y Solución que se Propone.

Sólo citaré un proceso erosivo que tiene importancia desde el punto de vista de la surgencia de las aguas en el manantial principal.

Desde fines del siglo pasado, la mayor surgencia de aguas termales se ubicaba en el manantial denominado El Hervidero, y no fué sino hasta por 1900 que la surgencia de aguas en este manantial fué decreciendo hasta disminuir notablemente el volúmen de agua, -- apareciendo un nuevo manantial a unos 60 metros al Este de El Hervidero y a unos 3 metros abajo, incrementándose la surgencia de las -- aguas en el nuevo manantial en detrimento del gasto del citado Hervidero.

Observándose tal fenómeno, se hicieron excavaciones en El Hervidero, recuperando su antiguo volúmen, con lo que el manantial inferior desapareció.

Esto indica que la erosión, al ir ahondando el cauce donde surgió el nuevo manantial, tomó contacto con el nivel freático y lo drenó abatiéndolo, provocando el decremento en gasto de El Hervidero; empero, al proceder a las excavaciones de este manantial y -- darle salida a sus aguas, desapareció la alimentación subterránea -- del manantial inferior, secándolo.

Así pues, esto indica que la erosión cuando corta al nivel freático, lo hace descender en tal forma que los manantiales ubicados en la parte alta desaparecen; siendo necesario aclarar a este respecto que las aguas son freáticas y agitadas por la surgencia fu marólica.

En el bloque diagramático adjunto, puede apreciarse que de abandonar a su suerte el lugar, la erosión por acarreo de partículas disgregadas en tiempo de lluvias, acabaría por ahondar el cau ce, drenando nuevamente el agua del manantial El Hervidero.

Hay complicaciones de orden legal y social que impiden -- una fácil solución, como sería poner diques de piedras en el arroyo para regular la velocidad de su curso en tiempo de aguas, drenaje de los manantialitos u otra solución fácil. Una solución que creo es la más conveniente consiste en aumentar la permeabilidad del manantial perforando un pozo en la zona permeable, con los requisitos que se exigen en un pozo moderno ⁽²⁴⁾, como son: hacer la perforación colectando las muestras a fin de hacer el análisis mecánico de la formación que consiste en pasar las muestras por un juego de cri bas para averiguar el porcentaje de materiales de cada tamaño, y con este dato poder seleccionar el tamaño de ranura de cedazo conveniente. Hacer pruebas con metales con los que se construyen los cedazos metálicos, a fin de conocer los efectos corrosivo o incrustantes del agua en el metal adoptado; a este objeto, la casa fabricante de cedazos metálicos, Edward E. Johnson Inc., me suministró dos muestras de metal Everdur, que es una aleación de 96% de Cobre, - 3% de Silicio y 1% de Manganeso, para hacer pruebas de corrosión con una y guardar la otra como testigo para comparación final. El examen de los materiales que se extraigan del pozo, dictaminará, si son muy finos, como es lo probable, habrá que colocar grava artificialmente alrededor del cedazo cuyo tamaño se seleccionará de acuer

do con los resultados del análisis mecánico de los materiales extraídos, o bien, si en la formación natural se encuentra grava, lo que es poco probable dados los estudios de alteración que se han descrito, bastará con mejorarla por medio de succiones repetidas con émbolo, a fin de forzar a las partículas finas que pasen al pozo, agrupándose naturalmente la grava más gruesa alrededor y en contacto con el cedazo.



Fotografía de la maqueta que se construyó usando las curvas de nivel del plano que se levantó de San Bartolomé, a escala 1:1000. En esta maqueta, las curvas de nivel tienen equidistancia de 3 metros, en vez de la equidistancia de 1 metro que se usó en el plano. Se han representado con líneas punteadas los cursos de los escurrideros de los manantiales y el del canal que conduce el agua del manantial principal (M), al hospital de los baños. Los manantiales que rodean al principal se han marcado con las letras minúsculas; m-1, m-2, m-3, ..., m-8. Las fumarolas se han marcado: f-1, f-2, f-3, ..., f-14. Al fondo, en la parte media de la fotografía, la palabra: tajo, marca un pequeño tajo que se abrió a fin de buscar un mayor caudal de agua.

Frente al manantial principal puede observarse un pequeño arroyo que al ahondar su cauce, fué el que drenó al acuífero, secando al manantial principal, razón por la que tuvo que cavarse éste más hondo, a fin de recuperar su caudal anterior.

El diseño de un pozo en manantiales de este tipo es asunto delicado, debido a que el escape de gases está controlado en gran parte por la presión hidrostática del manto acuífero; si la carga se disminuye excesivamente, los gases escapan con gran fuerza, bombean

do el agua del manto a modo de un geyser. En Steamboat Springs (Nevada), ví varios pozos en un manto termal parecido al de San Bartolomé; los manantiales naturales depositaban sílice lentamente, pero en los pozos, debido a que el manto acuífero era muy delgado, o se abatía su nivel artificialmente introduciendo un émbolo en el pozo y extrayéndolo rápidamente que era el método seguido para iniciar el bombeo del agua por medio de los gases calientes que escapan naturalmente, ocurría que se verificaba un depósito muy rápido de carbonato de calcio en las paredes interiores del tubo, alcanzando hasta unos 4 centímetros en un período de 2 a 4 meses, según me informaron, en que tenían que abrir el pozo y desincrustar tales depósitos. Fácil es comprender que esto no es conveniente, tanto por el problema que representan en sí tales incrustaciones, como por el peligro de alterar la composición actual del agua, así que probablemente lo más conveniente será, como me aconsejó Mr. Donald White, no abatir el nivel del espejo del agua en el pozo más allá de su actual nivel de descarga, o bien abatirlo hasta un nivel límite en que todavía los gases no alcancen a bombearla lo que será posible determinar una vez hecho el pozo, por medio de una bomba, o bien reduciendo la salida del tubo a fin de controlar el escape de gases como me ha sugerido el Sr. Hermión Larios.

VI. - APENDICE. APLICACIONES.

Medicinal.

La única aplicación importante que han tenido estas aguas hasta la fecha, ha sido con fines medicinales, y es por lo tanto de la competencia de un médico discutir la validez de su uso y el modo de su empleo.

Con relación a esta aplicación, el objeto de este trabajo será poner en manos del médico datos tales como la relación existente entre los depósitos acuosos encontrados y el análisis químico -- preliminar del agua y de los gases, y él dictaminará con estos datos, que compuestos debe investigar el químico en el agua como aplicables a la curación de tal padecimiento. Los datos climatológicos y la descripción del lugar, le indicarán si es conveniente o agradable como lugar de reposo, etc.

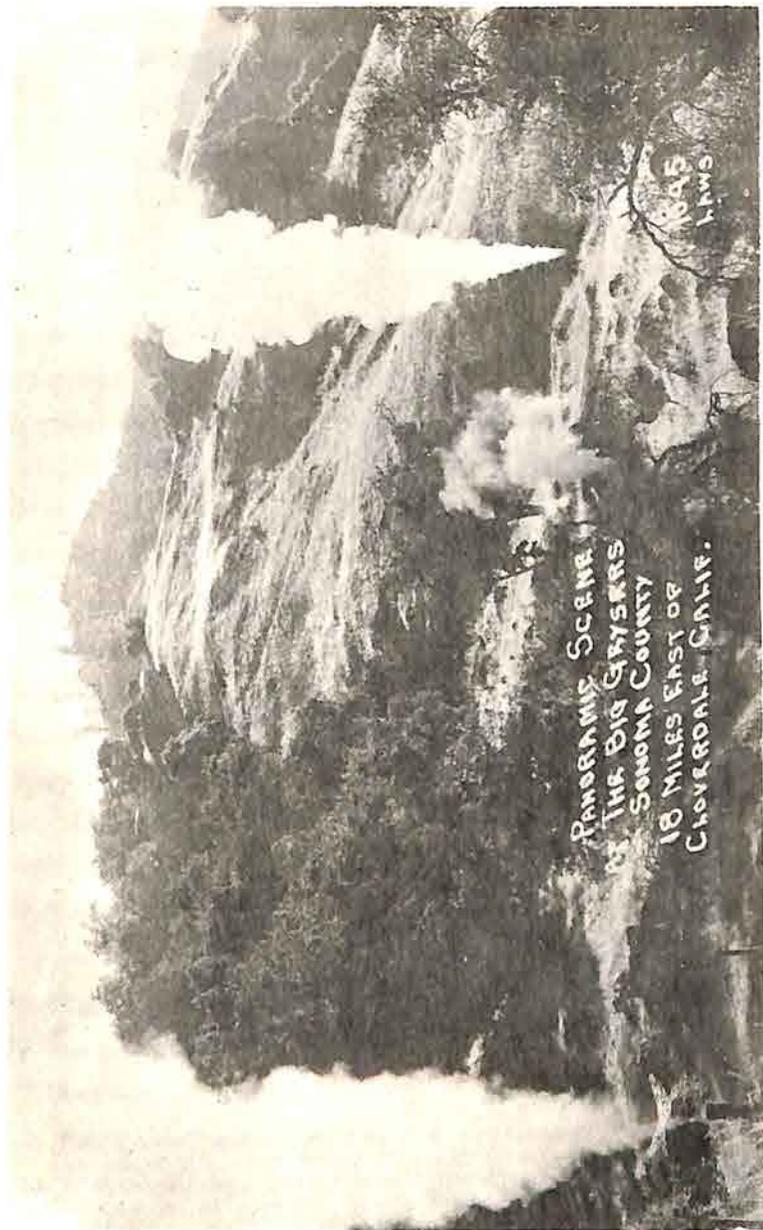
Industrial.

Un uso de los gases calientes que quizás sea de gran importancia algún día, es como fuente de energía. Actualmente esto es una realidad en la región de Toscana, en Italia, donde 5 ciudades son abastecidas de energía; tuve oportunidad de visitar otro cam

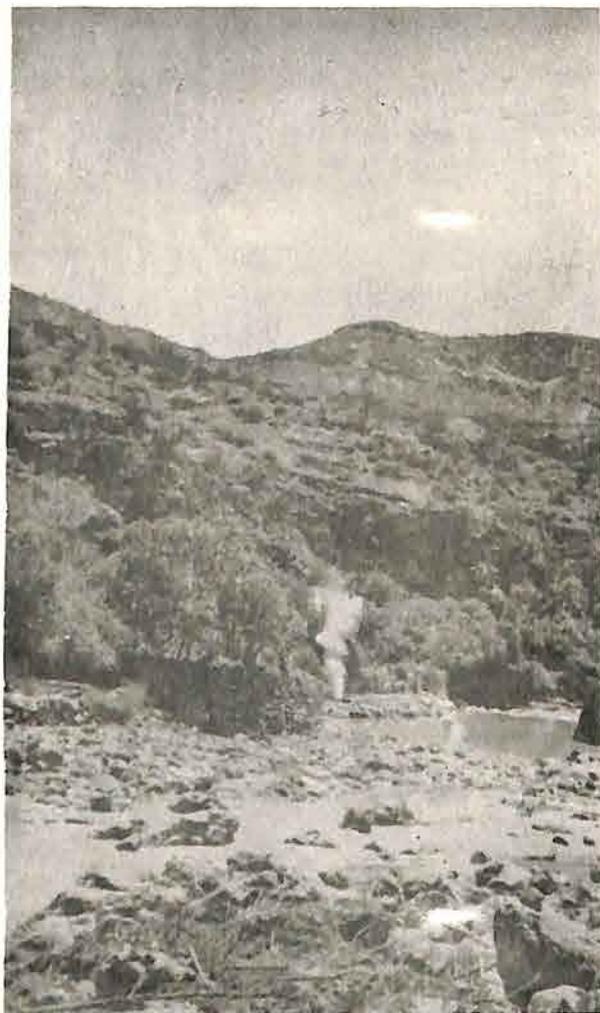
po en California, en un lugar llamado The Geysers, en que se han perforado 8 pozos en el período de 1924 a 1928, descargando continuamente enormes cantidades de vapor, sin que hasta la fecha se haya instalado más que un pequeño generadorcito de 10 caballos, utilizado parte de la descarga de uno de los pozos, aunque es muy probable que pronto se les dé atención con esa finalidad en mayor escala.

En la región de Querétaro, esto sería posiblemente de gran porvenir, pues bien sabido es la ausencia de caídas de agua para suministrar la energía necesaria siendo una región que por su situación geográfica, núcleo de población y vías de comunicación, la hacen una de las regiones que han sido solicitadas insistentemente por la industria, habiendo sido siempre desechada por el problema de obtener energía.

Sin embargo, un estudio serio de tan importante aplicación, requeriría perforaciones exploratorias, sin las cuales no podría pasarse de conjeturas especulativas, que además caerían fuera de los límites del presente trabajo.



Vista de dos de los pozos de vapor perforados en el lugar llamado "The Geysers", en California, descargando en esta forma desde hace 20 años. Entre los dos puede observarse una fumarola natural.

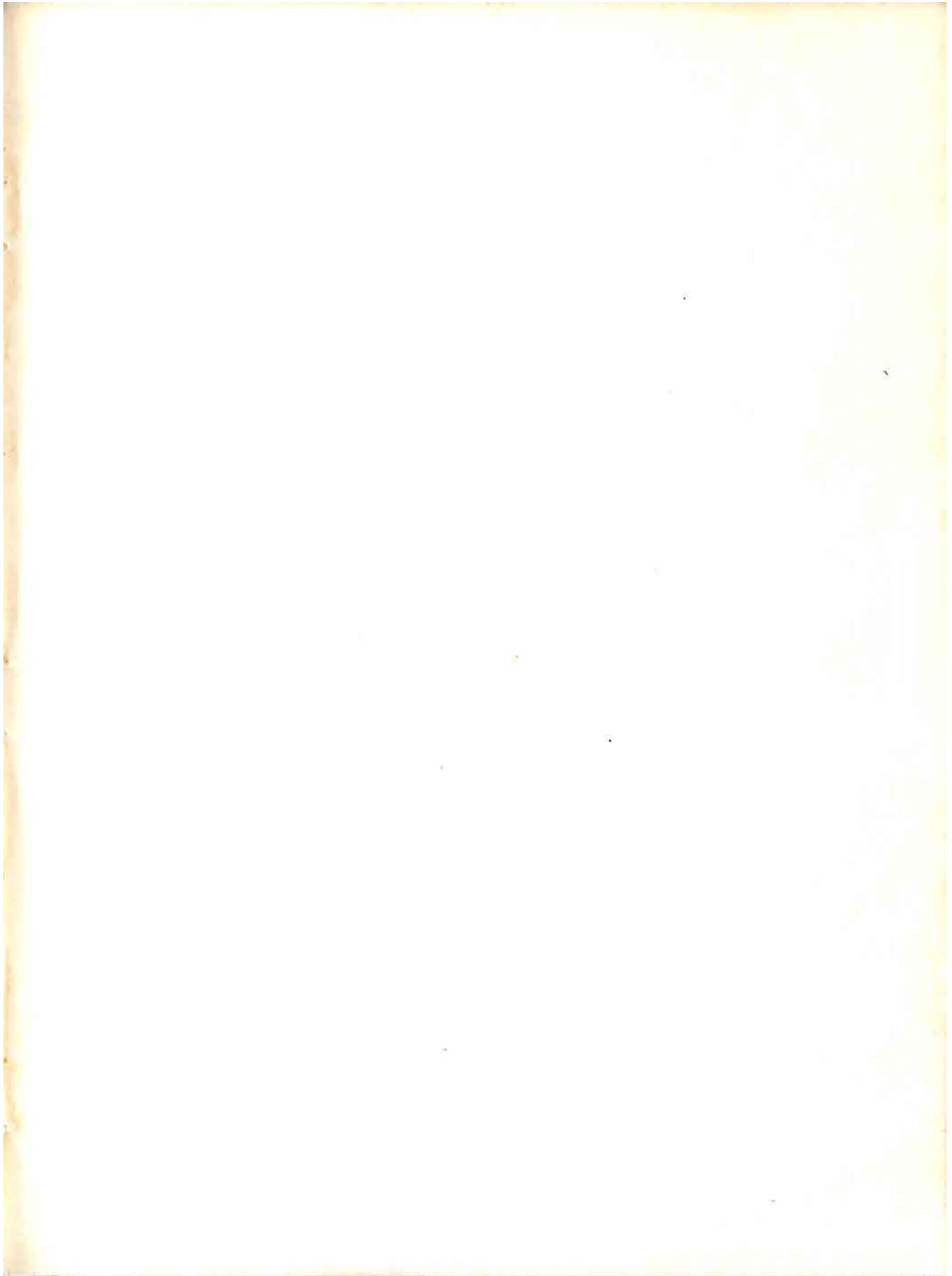


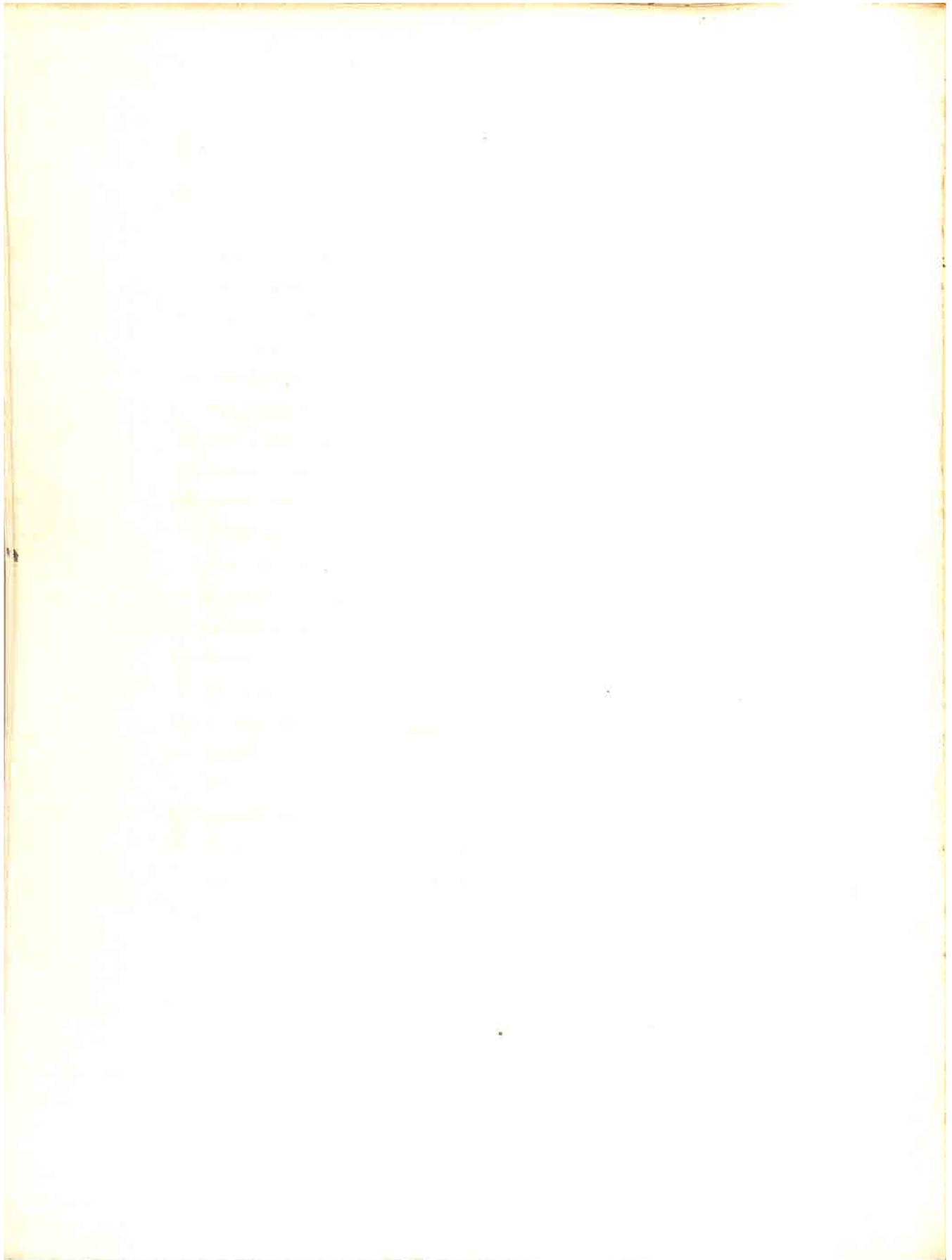
Vista de una fumarola en el rancho de Pathé, estado de Querétaro, municipio de Cadereyta. El lugar está situado en el límite del estado con el de Hidalgo.- La fotografía está tomada desde el estado de Hidalgo, viendo hacia Querétaro. El río es el San Juan. Puede apreciarse la enorme cantidad de vapor que se desprende.

VII. - BIBLIOGRAFIA.

- 1 - La conquista de Querétaro.- José Rodríguez Familiar.- 1944.
- 2 - Breve crónica de la fundación del pueblo de San Bartolomé Aguascalientes y del hospital y baños dedicados a San Carlos Borromeo por los religiosos de la provincia de San Hipólito. Revista Querétaro. Febrero de 1944. *Lic. Manuel Septién y Septién.*
- 3 - Discreción Analética de la propiedad de las aguas milagrosas salutíferas para varias enfermedades, que se hallan entre la ciudad de Celaya y la de Querétaro, en el pueblo de San Bartolomé-Aguascalientes, jurisdicción de San Juan Bautista Apaseo. Fray-Manuel Ruiz de la Mota. 1771.
- 4 - Tratado de la Agua Mineral Caliente de San Bartolomé. Dr. Juan Blas Beaumont. 1772.
- 5 - Adiciones y rectificaciones a la historia de Lucas Alamán. José María Liceaga. 1884.
- 6 - Boletín minero del estado de Querétaro. Los depósitos salinos de San Bartolomé. José Antonio Septién y Villaseñor. 1882.
- 7 - Análisis Químico del manantial El Hervidero en San Bartolomé. - Tesis profesional de químico. Juan Manuel Noriega. 1893.
- 8 - Climatología de México. Jorge A. Vivó y José C. Gómez. 1947.
- 9 - La carta de cuencas; su precisión y aspectos fundamentales para la irrigación. Ramiro Robles Ramos. 1943.
- 10- Hydrology. D.W. Mead. 1919.
- 11- Geomorphology. O.D. von Engeln. 1942.

- 12- Physical Geology. Ch. R. Longwell, A. Knopf and R.F. Flint. -- 1939.
- 13- Congreso internacional de Americanistas. Actas de la undécima-reunión en México. 1895.
- 14- Los alrededores de Querétaro; Parergones del Instituto Geológico. Juan D. Villarello. 1905.
- 15- The data of Geochemistry; Bulletin 770 of the U.S.G.S. Frank - Wigglesworth Clarke. 1924.
- 16- The principles of petrology. G.W.Tyrrell. 1929.
- 17- Geologic structures. Bayley Willis and Robin Willis. 1924.
- 18- Ground water. C.F. Toldman. 1937.
- 19- Steam wells and other termal activity at The Geysers; Carnegie Institute Bulletin 399. E.T. Allen and A.L. Day. 1927.
- 20- A graphic procedure in the geochemical interpretation of water-análisis; U.S.G.S. 1942.
- 21- Mineral deposits. Waldemar Lindgren. 1933.
- 22- Principles of sedimentation. W.H. Twenhofel. 1939.
- 23- A text book of mineralogy. E. Salisbury Dana. 1932.
- 24- Ground water. Publicación de la casa Edward E. Johnson Inc. -- 1947.
- 25- Apuntes para la hidrología de la región Sud-Oriental del estado de Querétaro. Anales del Instituto Geológico de México; Tomo II Nos. 1, 2 y 3. Heriberto Camacho. 1925.







FECHA DE DEVOLUCION

El lector se obliga a devolver este libro antes del vencimiento de préstamo señalado por el último sello.

viii/17/70



