

1  
0  
0  
8

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

---

FACULTAD DE FILOSOFÍA Y LETRAS

---

COLEGIO DE GEOGRAFÍA

---

TESIS QUE  
PARA OBTENER EL TÍTULO DE :  
LICENCIADO EN GEOGRAFÍA  
PRESENTA :  
GUILLERMO WEBER FRIAS

---

MÉXICO, D. F.

1978

17135



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

HIDROLOGIA MEDICA DEL ESTADO DE HIDALGO

TESIS PROFESIONAL

GUILLELMO WEBER FRIAS

MEXICO , D. F. 1978

ADAN CAYO PARA QUE LOS HOMBRES

EXISTIESEN ; Y EXISTEN LOS

HOMBRES PARA QUE TENGAN GOZO

2 NEFI 2:25

LIBRO DE MORMON

EN HOMENAJE A MI PADRE:

GUILLERMO

Y A MI MADRE:

LUPITA

A QUIENES FORMAN PARTE DE MI:

CRISTY Y NALLELI

A MIS HERMANOS,

MAESTROS Y AMIGOS

A TODOS CON AMOR.

# I N D I C E

	T E M A	P A G I N A
I.	INTRODUCCION _____	7
	MAPA N ° 1.- LOCALIZACION DE LOS MA NANTIALES	
	a) MANANTIALES TERMALES _____	8
	b) MANANTIALES FRIOS _____	9
II.	FACTORES GEOGRAFICOS QUE DETERMI NAN LA PRESENCIA DE LOS MANANTIA- LES DE AGUAS CURATIVAS _____	11
	a) OROGRAFIA _____	11
	MAPA N ° 2.- OROGRAFIA DEL ESTADO DE HIDALGO	
	b) GEOLOGIA _____	12
	c) VULCANISMO Y TECTONISMO _____	13
	d) PRECIPITACION PLUVIAL _____	15
	MAPA N ° 3.- ISOYETAS DEL ESTADO DE HIDALGO	
	e) VEGETACION _____	17
	MAPA N ° 4.- VEGETACION DEL ESTADO DE HIDALGO	
	f) CAUSAS ESPECIFICAS _____	18
III.	BREVES ASPECTOS DE HIDROLOGIA ME- DICA _____	21
	a) DEFINICIONES _____	21

	b) ANTECEDENTES HISTORICOS _____	22
	c) PROPIEDADES DE LAS AGUAS CURA - TIVAS _____	26
	d) IMPORTANCIA DE LA CURA BALNEA - RIA _____	34
IV.	GENERALIDADES DE LAS AGUAS CURATI VAS EN EL ESTADO DE HIDALGO _____	37
	a) APROVECHAMIENTO ACTUAL _____	38
	b) CLASIFICACIONES DE AGUAS GEOME - DICINALES _____	42
	c) ANALISIS QUIMICOS DE LAS AGUAS - HIDALGUENSES _____	44
	d) INDICACIONES Y CONTRAINDICACIO - NES TERAPEUTICAS _____	71
	e) APROVECHAMIENTO DE LAS AGUAS EN LA CREACION DE BALNEARIOS, CEN - TROS DE SALUD Y CAMPAMENTOS ES COLARES _____	74
V.	CONCLUSIONES _____	78
VI.	FOTOGRAFIAS _____	79
VII.	BIBLIOGRAFIA _____	87

## I INTRODUCCION

Para obtener el gozo completo que todos buscamos, es necesario contar con el preciado recurso que es la salud. A causa de la explosión demográfica que sufrimos en México, es muy notorio observar los tipos de enfermedades que se presentan entre la gente. Algunas de esas enfermedades que sufrimos, no han podido erradicarse completamente del individuo ni de la colectividad, por lo tanto, es necesario buscar y acudir a otros medios y estudios que los propiamente médicos que proporcionen ayuda para combatir dichas enfermedades.

La Hidrología Médica, ciencia en la cual se basa este trabajo, nos ofrece en parte la ayuda que estamos necesitando.

En el sencillo y breve estudio que aquí presento, trato de resaltar la Crenología o sea la existencia de manantiales mineromedicinales en cuyas aguas se encuentran, por sus propiedades el alivio a tan variados males que nos aquejan. En concreto, trato de hacer conciencia entre los mexicanos y en especial entre los de mi Estado natal, para que aprovechen mejor este recurso natural que, por falta de conocimiento sobre sus virtudes curativas, ha permanecido olvidado, utilizándose hasta la fecha en forma irracional.

Es preciso dirigirme en este estudio a quienes tienen la facilidad y el interés de ayudar a que se lleven a cabo las instalaciones necesarias para poder explotar debidamente este tipo de aguas curativas. Estas personas, dueños de las tierras donde brotan los manantiales, nuestros gobernantes y quienes así lo deseen, podrán encontrar aquí, una guía para tal propósito. Encontrarán la localización de, posiblemente, todos los manantiales de agua termal y muchos de los de agua fría que existen en el Estado de Hidalgo, con su respectivo análisis químico de los termales y el tipo de enfermedades que se pueden aliviar.

Encontrarán en general muchos aspectos interesantes de la Hidrología Médica que harán aumentar su fe sobre este sistema terapéutico que ya ha tenido evidentes resultados curativos, debidamente comprobados desde los antiguos tiempos de la medicina Empírica y confirmados actualmente por investigaciones y experimentos, que han hecho se imponga de nuevo la Crenoterapia en muchos países desarrollados con toda la fuerza de sus verdades científicas.

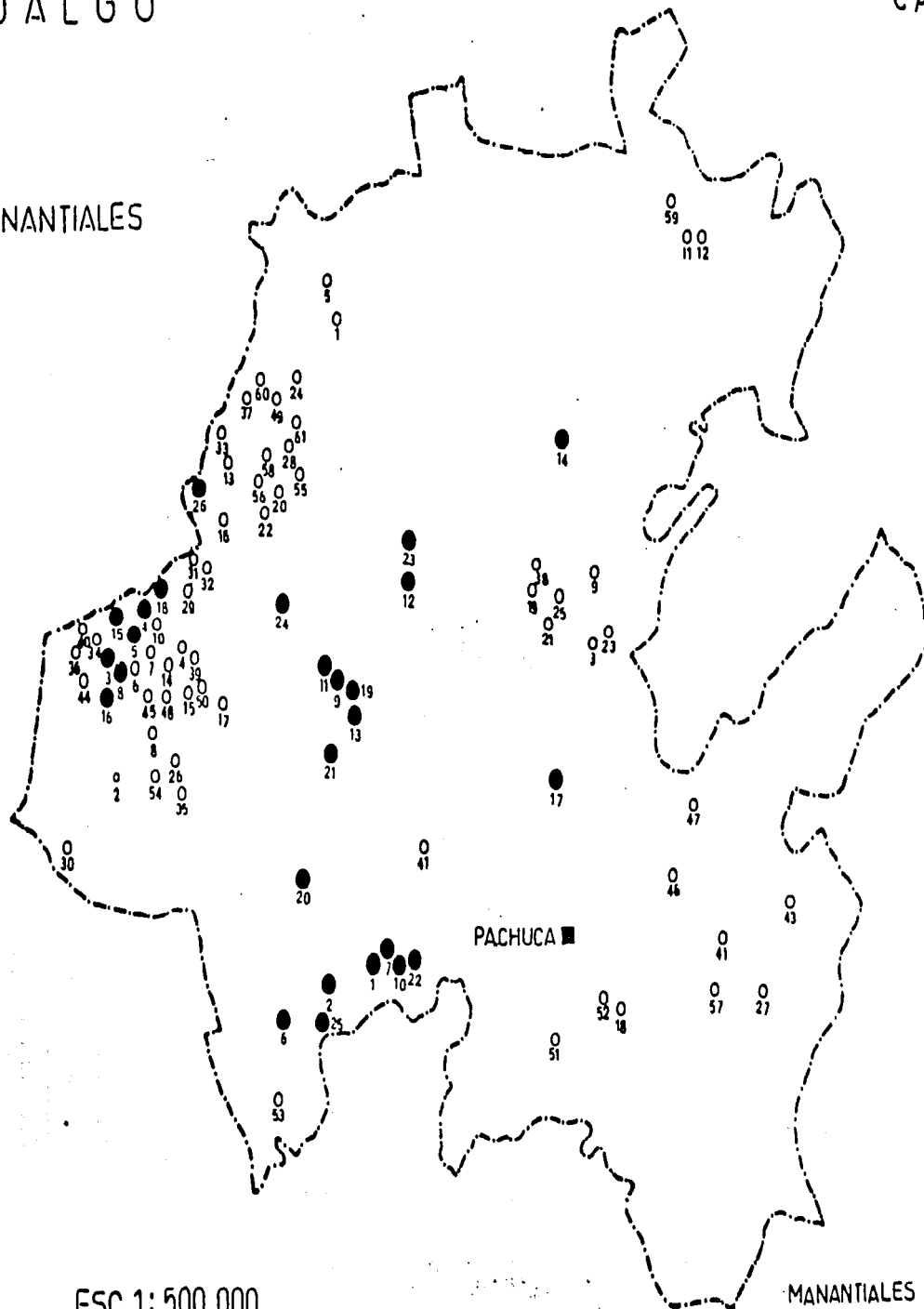
También me dirijo al enfermo y en general a toda la gente que busca remedio a sus malestares. Aquí se encontrará una continuación a los estudios que ya se han realizado sobre Hidrología Médica en los Estados de Michoacán por el Dr. Sáenz de la Calzada y en Guanajuato por la compañera Emma Padilla. Este estudio de Hidrología Médica del Estado de Hidalgo, reedescubre un nuevo tipo de aguas mineromedicinales que pueden contribuir seguramente a disminuir los índices de morbilidad y mortalidad en nuestro país.



MANANTIALES TERMALES

Nº de Muestra	Nombre	Brotos	Municipio	Temperatura
1	AJACUBA	7	AJACUBA	45°c.
2	ATITALAQUIA	1	ATITALAQUIA	?
3	ADJUNTAS	1	HUICHAPAN	38°c.
4	BANZHA	3	HUICHAPAN	?
5	BOSHI	1	TECOZAUTLA	?
6	LA CANTERA	1	TULA	43°c.
7	LA CARRETA	1	AJACUBA	38°c.
8	CHICHIMEQUILLAS	10	HUICHAPAN	36°c.
9	DIOS PADRE	1	IXMIQUILPAN	36°c.
10	EJIDAL	varios	AJACUBA	40°c.
11	HUMEDADES	2	IXMIQUILPAN	36°c.
12	IXTACAPA	1	CORDONAL	60°c.
13	MAGUEY BLANCO	2	IXMIQUILPAN	31°c.
14	MOLANGO	1	MOLANGO	?
15	PATHE	varios	TECOZAUTLA	60 a 92°
16	PATHECITO	2	HUICHAPAN	36°c.
17	STA. MARIA AMAJAC	4	ATOTONILCO EL GRANDE	55°c.
18	TAHIDHO	varios	TECOZAUTLA	39°c.
19	EL TEPHE	5	IXMIQUILPAN	37°c.
20	TEZONTEPEC	4	TEZONTEPEC	42°c.
21	TLACOTLAPILCO	5	CHILCUAUTLA	44°c.
22	TOLLAN	1	AJACUBA	?
23	TONALTONGO	1	CORDONAL	38°c.
24	TZINDEJEH	1	TASQUILLO	33°c.
25	VITO	1	ATOTONILCO TULA	49°c.
26	XHAJA	1	ZIMAPAN	60°c.

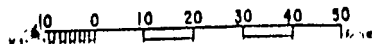
MANANTIALES



ESC. 1: 500,000

MANANTIALES TERMALES ●

MANANTIALES FRIOS ○



MANANTIALES FRIOS

Nº de Muestra	Nombre	Brotos	Municipio	Temperatura
1	AGUA FRIA	1	JACALA	FRIO
2	ATLAN	1	HUICHAPAN	"
3	ATECOXCO	1	MEZQUITITLAN	"
4	BAJHI	1	TECOZAUTLA	"
5	EL BARRON	1	JACALA	"
6	BOTHA	1	TECOZAUTLA	"
7	BOTHIÑA	1	TECOZAUTLA	"
8	EL CERRITO	1	HUICHAPAN	"
9	LAS CUEVAS	1	ZACUALTIPAN	"
10	CUESTA BLANCA	1	TECOZAUTLA	"
11	LA CHACA	1	HUEJUTLA	"
12	CHICONTLA	1	HUEJUTLA	"
13	DEDHO	1	ZIMAPAN	"
14	DOXTHI	1	TECOZAUTLA	"
15	EL GAVILLERO	1	HUICHAPAN	"
16	ESTANZUELA	1	ZIMAPAN	"
17	GOLONDRINA	1	ALFAJAYUCA	"
18	HUERTA	1	EPAZOYUCA	"
19	IXTOCOACAN	1	MEZTITLAN	"
20	JILIAPAN	1	ZIMAPAN	"
21	JILOTLA	1	MEZTITLAN	"
22	EL LLANO	1	ZIMAPAN	"
23	MEZQUITITLAN	1	MEZQUITITLAN	"
24	EL MEZQUITE	1	ZIMAPAN	"
25	MEZTITLAN	1	MEZTITLAN	"
26	MINTO	1	HUICHAPAN	"
27	EL MOLINO	1	CUAUTEPEC	?
28	LA NOPALERA	1	ZIMAPAN	FRIO
29	NOXTEY	1	TECOZAUTLA	"
30	OJO DE AGUA	1	NOPALA	"
31	PASO DEL ARENAL	1	TECOZAUTLA	"
32	LAS PILAS	1	TECOZAUTLA	"
33	PUERTO ANGEL	1	ZIMAPAN	"
34	PUERTO DE LEFE	1	TECOZAUTLA	"
35	SABINITA	1	HUICHAPAN	"
36	SABINA	1	TECOZAUTLA	"
37	SABINO	1	ZIMAPAN	"

MANANTIALES FRIOS

Nº de Muestra	Nombres	Brotos	Municipio	Temperatura
38	EL SALITRE	1	MEZTITLAN	FRIO
39	EL SALTO	1	TECOZAUTLA	"
40	SAN ANTONIO	2	TECOZAUTLA	"
41	SAN ANTONIO TABON	1	SAN SALVADOR	"
42	SAN DIONICIO	1	TULANCINGO	"
43	SAN FRANCISCO	1	ACAXOCHITLAN	"
44	SAN FRANCISCO	1	TECOZAUTLA	"
45	SAN MIGUEL C.	2	HUICHAPAN	"
46	SAN MIGUEL REGLA	1	HUASCA	"
47	SAN PABLO	1	ACATLAN	"
48	LOS SOLARES	1	TECOZAUTLA	"
49	TADHE	1	ZIMAPAN	"
50	TAXTHO	1	TECOZAUTLA	"
51	TELLEZ	1	PACHUCA	"
52	TEPAZOYUCA	1	EPAZOYUCA	"
53	TEPEJI DEL RIO	1	TEPEJI DEL RIO	"
54	TINTHE	1	TECOZAUTLA	"
55	LA VEGA	1	ZIMAPAN	"
56	VERDOSAS	1	ZIMAPAN	"
57	VENTOQUIPA	1	SANTIAGO TULANTEPEC	"
58	LA VENTOLERA	1	ZIMAPAN	"
59	EL CHOTE	1	HUEJUTLA	"
60	XODHE	1	ZIMAPAN	"
61	YERBABUENA	1	ZIMAPAN	"

## II FACTORES GEOGRAFICOS QUE DETERMINAN LA PRESENCIA DE LOS MANANTIALES DE AGUAS GEOMEDICINALES.

Para estudiar estos tipos de manantiales, es necesario mencionar una serie de factores, que son tratados específicamente cada uno de ellos por sus respectivas ciencias, pero que, solamente la Geografía, puede estudiarlos estableciendo relaciones íntimas entre dichos factores. Así, para el estudio de estas aguas, mencionaré brevemente algunos factores y aspectos que nos llevarán a comprender mejor el origen y la relación que tiene este preciado recurso natural con otros importantes, interesantes y útiles aspectos de la naturaleza. Haciendo esta relación, podremos también no sólo comprender o darnos cuenta de que existen estas aguas medicinales, sino que podremos convencernos de sus propiedades y de sus beneficios; todo con el fin de no desperdiciarlas, de utilizar medios más adecuados y modernos que los que hoy se usan para su aprovechamiento y en última instancia lograr generaciones cada vez más sanas con su racional aprovechamiento.

Son muchos los factores geográficos de carácter físico y humano que se relacionan con este tema, pero aquí solo mencionaré los que se consideran más importantes; éstos son los siguientes: la orografía, la geología, el vulcanismo y tectonismo, de la climatología en especial la precipitación y la vegetación.

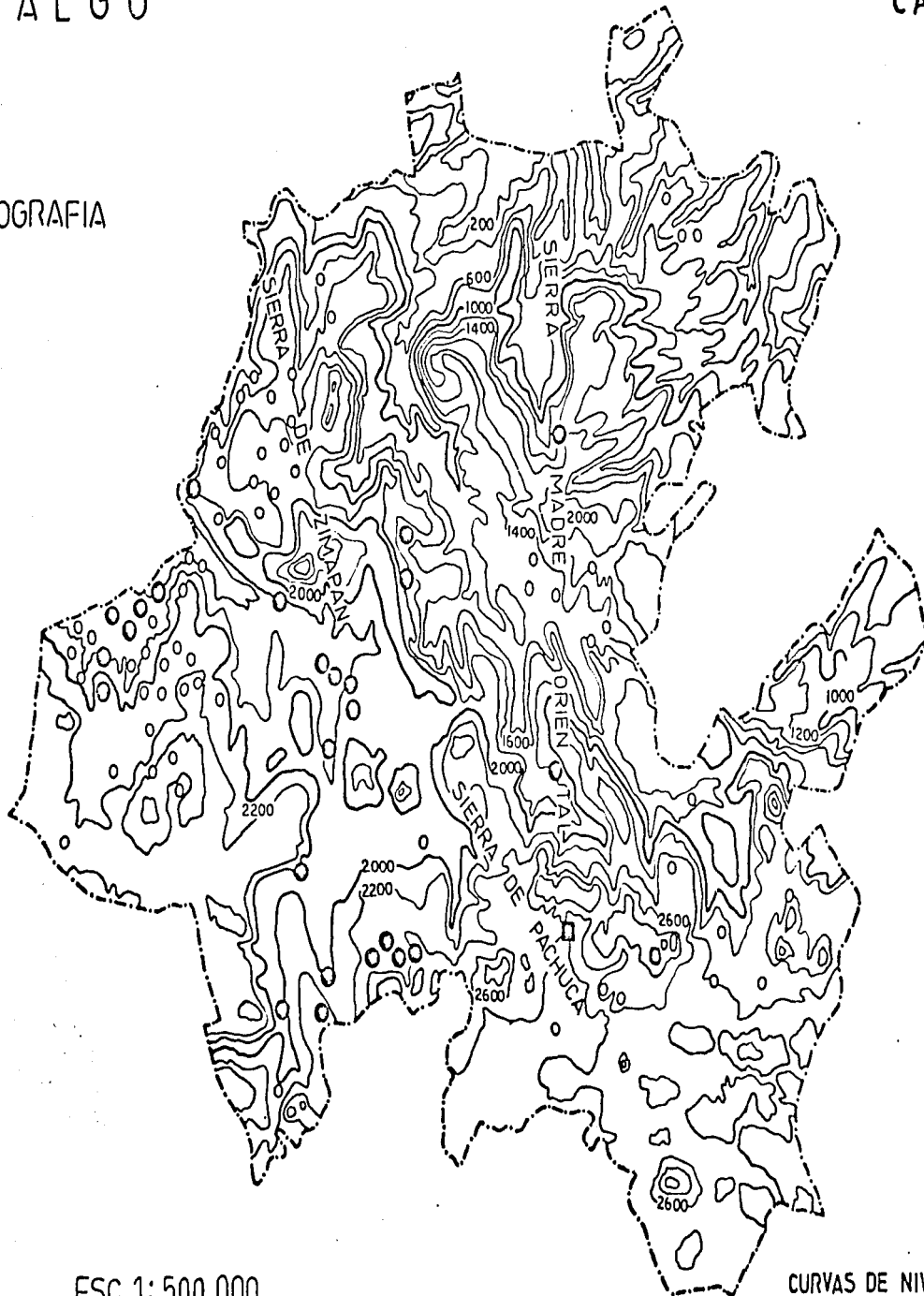
### a).- OROGRAFIA

La orografía, primer factor que considero, determina el sitio donde aparecerán definitivamente este tipo de aguas medicinales en forma de manantial. Podemos decir que la fisiografía y la hidrología de un lugar están muy relacionadas entre sí, ya que, al caer el agua como lluvia, nieve o granizo, seguirá el camino que lo indique la forma o inclinación del relieve. De acuerdo a esto en las zonas planas el agua tendrá mayor oportunidad de infiltrarse originando mayores depósitos de agua subterránea. En el subsuelo también el agua corre o escurre, llegando a la tasa de saturación y después podrá dirigirse a zonas más bajas como el mar u otros lugares donde se facilite su acumulación.

Lo mencionado anteriormente, se pudo comprobar al hacer el recorrido por todo el estado de Hidalgo tomar las muestras de agua de los manantiales termales, así como observando los de agua fría. Todos ellos están localizados en las partes bajas del relieve, en las faldas de los cerros o de las montañas, así como en terrenos inclinados donde el agua fluye hacia abajo.

Observando el mapa N°2 podemos distinguir y relacionar las diferentes alturas del relieve con la situación de los manantiales.

OROGRAFIA



ESC. 1: 500,000

CURVAS DE NIVEL

(EQUIDISTANCIA 200m)

0 10 20 30 40 50



La mayor parte del estado está ocupada por sierras sobre todo en la parte norte, noreste y este, ocupada por la Sierra Madre Oriental que se extiende desde la depresión de Atotonilco el Grande donde su altura es entre 2000 y 3000 m . sobre el nivel del mar, hasta la Huasteca donde su altitud disminuye a 200 y 100 mts .

En la parte noroeste existen otras ramificaciones de la Sierra Madre Oriental pero la que destaca es la Sierra de Zimapan de alturas considerables entre 2000 y 3000 m .

Es aquí donde ya se localizan muchos manantiales de agua fría y algunos importantes de agua termal como los reconocidos baños de Tzindejéh y Tonaltongo.

Como una continuación de esta sierra, se encuentra la Sierra de Pachuca de menor anchura extendiéndose hasta el sureste en Apan.

Habiendo citado estas sierras, podemos decir que, hacia el sur de ellas, se localizan las partes bajas con respecto a las sierras, como las llanuras del Valle del Mezquital y Huichapan en el suroeste del estado. Estos valles tienen una gran extensión y son propiamente los que cuentan con casi todos los focos termales y también aquí se localizan muchos manantiales de agua fría. De los 26 manantiales termales encontrados, 7 están en el Valle de Huichapan 6 14 en el Valle del Mezquital así como en la región del suroeste del estado.

También en el sur y sureste del estado existen los llanos de Apan, Tecocomulco y el Valle de Tulancingo en donde existen algunos manantiales de agua fría y muy raramente algún termal.

Como podemos notar casi todas las fuentes termales y frías, están hacia el oeste del estado en donde según el mapa el relieve es plano. Indudablemente que tienen que intervenir otros factores que median en la aparición de estas fuentes y que ya veremos mas adelante.

#### b).- GEOLOGIA

Este factor también determina la presencia de las aguas geomedicinales. Respecto a la geología podemos decir, que el tipo de roca del suelo y del subsuelo tiene que ver mucho, ya sea para dejar infiltrar el agua del suelo al subsuelo o viceversa para dejar traspasar el agua que brotará como manantial del subsuelo a la superficie.

Estudiando la estructura de las rocas, éstas tienen dos pro-

propiedades que son básicas para que el agua pase a través de ellas o pueda formar acuíferos dentro de la superficie de la tierra. Estas propiedades son: la porosidad y la permeabilidad. La porosidad es la particularidad que tienen las rocas de contener intersticios y especificando su valor en % que indica el volumen de la roca ocupado por dichos espacios abiertos o intersticio. La porosidad baja es de un 5%, la media entre 5 y 20% y la porosidad alta de más de 20%.

En el estado de Hidalgo predominan las rocas sedimentarias y las ígneas extrusivas que se pueden considerar de alto % de porosidad, por lo tanto, facilitan el paso de agua a través de sus poros o grietas. Esto es notorio en la zona suroccidental del estado que es donde más predominan los manantiales.

Respecto a la permeabilidad, ésta es la facilidad que tienen las rocas de dejar pasar el agua a través de su intersticio. Existe la permeabilidad continua o en pequeño, en la cual sus poros están comunicados entre sí y la permeabilidad localizada o en grande en donde el agua se infiltra a través de fisuras y grietas de las rocas.

Las rocas de más valor geohidrológico por su permeabilidad son las sedimentarias. Entre las más permeables tenemos a: las lavas cavernosas, basaltos, traquitas muy agrietadas, gravas, arenas gruesas y lapilli.

Observando un mapa geológico del país se aprecia que el estado cuenta con rocas sedimentarias del mesozoico de origen marino en el norte y en el noreste. Hay rocas clásticas en la mayoría del estado; en el centro existen rocas ígneas extrusivas y sedimentarias de origen marino y aluvial de gran permeabilidad.

Por lo mencionado anteriormente, deducimos que las rocas que constituyen la mayor parte del estado son permeables, por lo cual, permiten el paso del agua con facilidad hacia la superficie y dan origen así al brote de los manantiales, aclarando que, el volumen del agua que salga será variable, a veces como hilillos y otras veces como grandes borbollones, debido al tipo de roca, a la cantidad de lluvia que cae, a la cantidad de agua juvenil que hay al interior del suelo, o a la profundidad a la que se encuentra, etc.

Estas rocas permeables coinciden con la gran mayoría de fuentes termales existentes, así como de los manantiales de agua fría, aunque éstos últimos en su mayoría se localizan entre las sierras montañosas en sus partes bajas.

#### c).- VULCANISMO Y TECTONISMO

Existiendo la clasificación de los manantiales en termales y



frías por su temperatura podríamos decir que, los termales son los que más se relacionan con el vulcanismo o con el tectonismo.

No todos los manantiales son producto del agua subterránea que se ha infiltrado de las lluvias, sino que el agua que brota, es conducida en su mayoría desde las cámaras magmáticas a mucha profundidad hasta la superficie de la Tierra. Esta agua que procede del interior es originada por los procesos químicos que sufre el magma, siendo acarreada hacia arriba hasta formar parte de la hidrósfera por primera vez; a esta agua se le llama juvenil o nueva y es la misma que liberan los volcanes cuando están en erupción.

El agua de las fuentes termales brota llevando consigo substancias en disolución, las cuales varían de acuerdo a las capas terrestres atravesadas por ella; también llevan partículas en suspensión y en solución que son en conjunto elementos muy importantes para la cura de enfermedades. El magma también viene acompañado de gases magmáticos, que se llevan a través de la corteza y que calientan el agua subterránea, parte de la cual después aflora como agua caliente de temperaturas cercanas al punto de ebullición.

Más espectacular es un geysir, que es un manantial dotado de un sistema especial de calentamiento y desfogue que da lugar a erupciones intermitentes de agua y de vapor.

Estos gases o vapores mineralizados que van subiendo por fracturas o intersticios de las rocas van transportando calor a niveles superiores donde existen mantos acuíferos; después se van formando yacimientos secundarios de calor a través de milenios de años; eventualmente alcanzan temperaturas altas y sus emanaciones logran salir, dando lugar a geysers, sulfataras, volcanes de lodo o manantiales termales.

Se ha opinado que la energía que requiere el funcionamiento continuo de los manantiales termales, debe ser proporcionado por una masa profunda de roca caliente. Parecen ser dichas aguas, las manifestaciones más claras de las reacciones químicas que se suceden en el interior de nuestro planeta.

El tectonismo de un lugar va a cooperar para que puedan brotar los manantiales. Esto significa que la debilidad del terreno ocasionada por la formación de fracturas y fallas, permite la salida de las aguas más fácilmente. Esto se comprueba porque la mayoría de las fuentes termales y algunas frías existen en zonas fracturadas y en regiones volcánicas.

Según Mooser, el mapa de focos termales que el mismo edita, establece relaciones entre el tectonismo y el vulcanismo.

Explica que la concentración de los manantiales termales coincide con la presencia de los volcanes. Y sabemos que los volcanes se localizan en las zonas débiles de la corteza, en zonas de gran fracturamiento o afallamiento.

El mismo autor explica que, nuestro país está tan fracturado y cubierto de muchas manifestaciones recientes, que debe contener a poca profundidad numerosas cámaras magmáticas que probablemente se puedan aprovechar como fuentes de energía. Los cuerpos de magma al enfriarse, emiten vapores mineralizados, los cuales pueden utilizarse en la generación de calefacción y de energía, principalmente eléctrica, que es indispensable en todos los aspectos de la vida actual. Un ejemplo de esta energía natural es el campo de Pathé en el municipio de Tecozautla. Existe aquí, una planta geotermoeléctrica de 3500 Kw que suministra energía al sistema eléctrico de Tula, Hidalgo.

De acuerdo a la geotérmica del país, existen ocho zonas. El Estado de Hidalgo viene a formar parte de la sexta zona; es la del centro de México y la que cuenta con mayor número de focos termales. Se localiza entre los paralelos de 18° y 22°30' de latitud norte, dentro de una zona alargada que se extiende de este a oeste desde el Golfo de México hasta el Océano Pacífico, coincidiendo con la faja de manifestaciones volcánicas llamadas Cordillera Volcánica Transversal.

#### d).- PRECIPITACION PLUVIAL

Es el factor geográfico que yo considero determinante para la aparición de los manantiales. Ciertamente, las aguas subterráneas pueden ser originadas por dos causas: La de origen magmático o volcánico y las causadas por la infiltración de la lluvia. Las dos son de importancia y ya he señalado la primera, diciendo que puede tener mayor influencia en los manantiales de agua termal; la segunda la explicaré a continuación brevemente.

Al caer la lluvia, una parte de ella se infiltra en el subsuelo, al contacto con el magma o con rocas, vapores o gases, etc., que se encuentran a altas temperaturas, también se calienta y tiende a subir para brotar en forma de manantial o geysers.

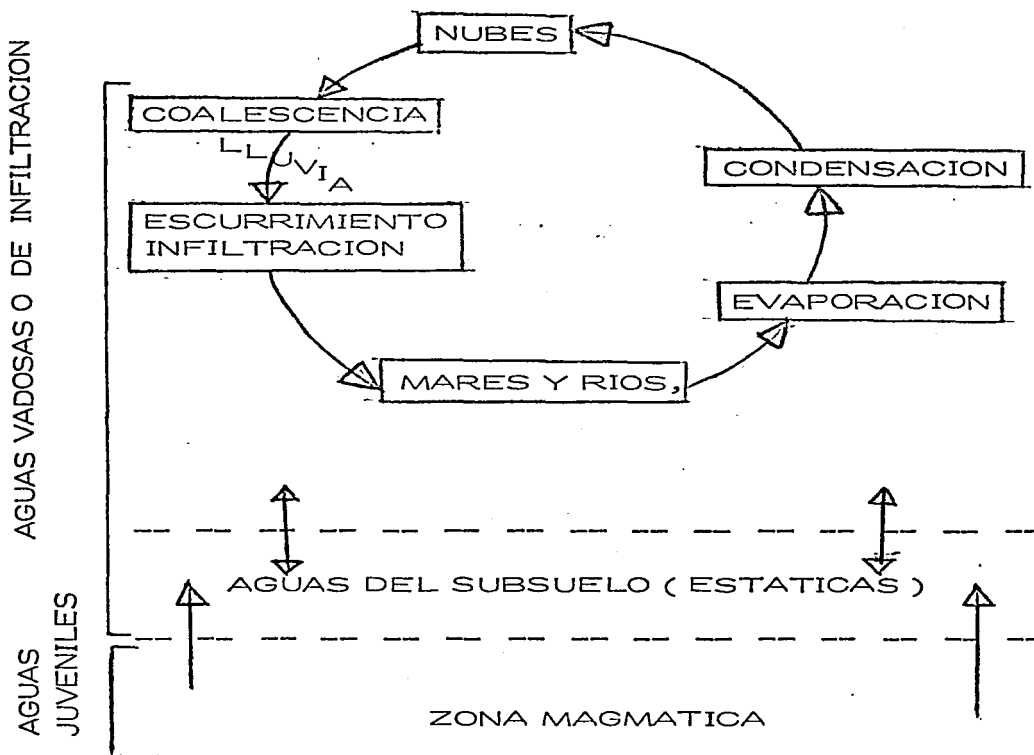
Indudablemente que no se puede hablar de la precipitación pluvial sin tocar su origen junto con el maravilloso ciclo hidrológico.

El ciclo hidrológico es el círculo que siguen las partículas de agua en sus tres estados físicos: sólido, líquido y gaseoso, al trasladarse desde la superficie de los océanos a lagos, a la atmós-

fera; de ésta a la tierra y de allí nuevamente a los mares u océanos, pasando en ocasiones por el estado sólido manifestado en la nieve y en el granizo.

El siguiente esquema lo explica mejor.

### CICLO DEL AGUA



Estas son las que se pueden considerar etapas principales del ciclo del agua, del que participan todas las aguas de la tierra.

Del volumen de agua precipitada un porcentaje escurre, otro se evapora y otro se infiltra. La cantidad de agua que se infiltra varía según sea la precipitación pluvial, la orografía, la geología, y la vegetación de la región. El agua se distribuye en profundidades variables del subsuelo. Existen diversos tipos de aguas subterráneas según sus características y profundidad: por ejemplo: agua estática, confinada y dinámica, fluyente; agua virgen que se incorpora por primera vez al ciclo hidrológico, agua fósil, agua vadosa,

frecuentemente contaminada, y profunda, magmática; agua fría, agua termal, etc.

Con respecto a la distribución general del agua en el subsuelo, existen dos zonas que son:

1.- Zona de areación; en donde se localiza el agua estática o vadosa.

2.- Zona de saturación; en donde se localiza el agua surgente propiamente dicha.

El agua subterránea se mueve lentamente y aumenta su volumen según los factores antes mencionados, aunque repito, el factor que más influencia tiene es la cantidad de lluvia precipitada sobre la superficie; de ahí que intervengan en ésto las estaciones del año.

El agua subterránea tiende a salir a la superficie de varias maneras y una de ellas es por medio de los manantiales.

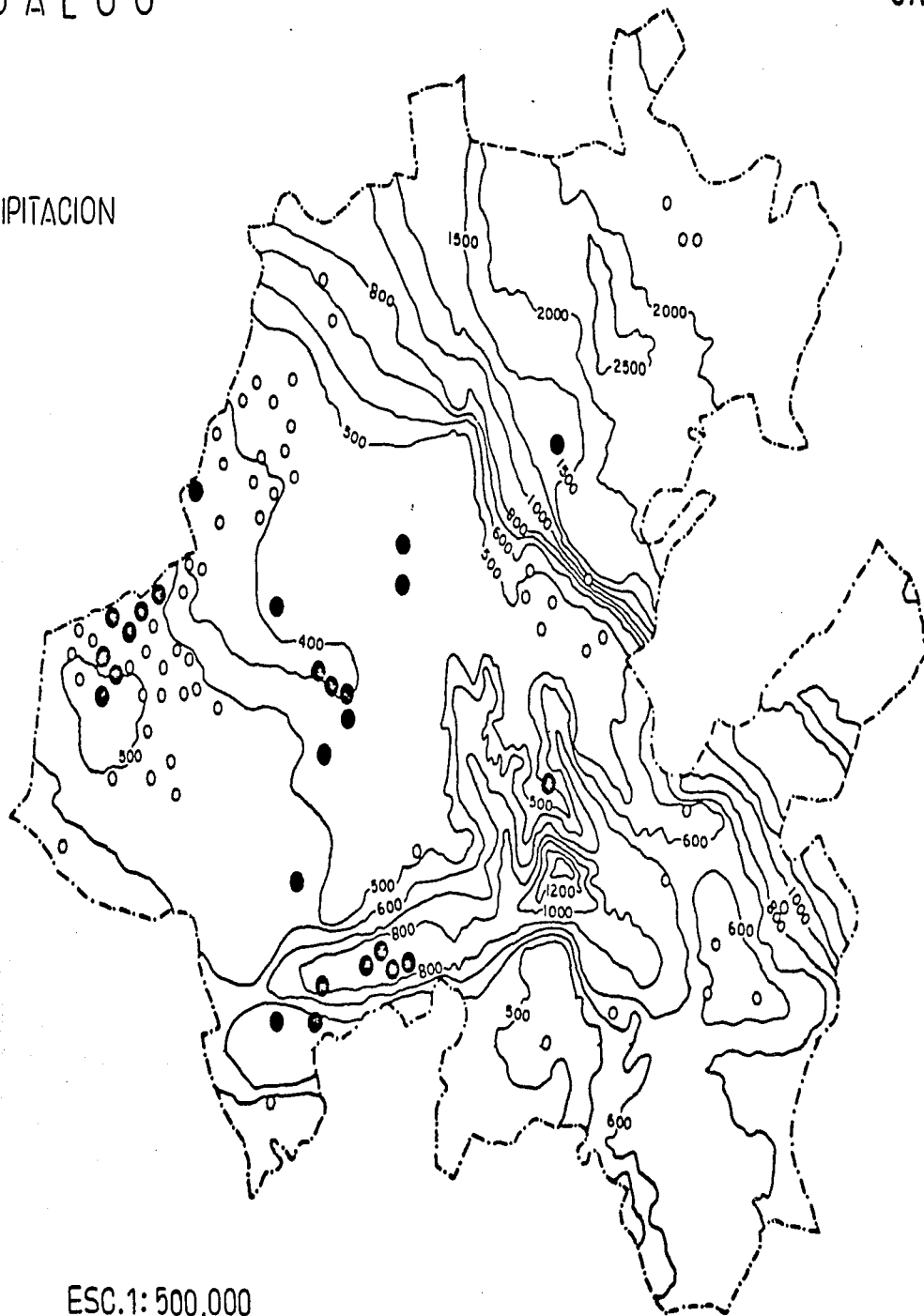
Para encontrar una mejor relación entre la cantidad de lluvia que cae y la presencia de los manantiales presento en el mapa N°3 las isoyetas anuales del estado. En él podemos apreciar que las regiones más lluviosas son las que se encuentran en el noreste, norte y este, indicadas con las isoyetas de 1000 a 2500 mm anuales. Y las regiones donde cae menor cantidad de lluvia están localizadas hacia el oeste, una parte central, al sur y sureste del estado de Hidalgo, representadas por isoyetas que van de 400 a 800 mm. anuales.

Es importante señalar que en las regiones menos lluviosas es donde precisamente brotan los manantiales termales y la mayoría de los fríos. Para comprender este fenómeno, tenemos que relacionar el relieve, la geología y la vegetación del lugar. Considerando que la mayor cantidad de lluvia cae en regiones altas como en las sierras montañosas y en la parte norte del estado, el agua se infiltra y por gravedad empieza a trasladarse a lugares más bajos de pendiente, esto es lo que quizás sucede en el estado de Hidalgo, en donde la mayoría de los manantiales salen a la superficie en zonas bajas, al pie de las montañas y en valles o zonas planas como los Valles de Huichapan y Mezquital; en donde el tipo de roca y la vegetación han permitido su presencia.

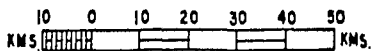
#### e).- VEGETACION

Factor también interesante para estudiarlo y relacionarlo no sólo con el agua subterránea y la aparición de la misma, sino con otros muchos fenómenos de tipo geográfico especialmente.

PRECIPITACION



ESC. 1: 500,000



ISOYETAS EN MM.



DIBUJO: G. WEBER F.

La presencia de vegetación arbórea, facilita la precipitación pluvial, así mismo las raíces de las plantas y los animales propios de suelo, lo hacen más poroso; dando así oportunidad al agua de pasar e infiltrarse. Cuando el relieve es alto, como en el caso de muchas zonas del estado, dijimos que, el agua corre hacia el relieve más bajo y en su recorrido se encuentra con vegetación, humus, ramas o troncos, raíces, etc., que forman una esponja la cual absorbe el agua, aumentando así la capacidad de infiltración del suelo.

Añado el mapa N°4 de vegetación en el estado, donde podemos apreciar que, existen tres tipos de vegetación predominante; - el bosque, los sembrados y el chaparral.

Creemos que la vegetación de bosque es un poco más abundante que la demás. Este bosque se localiza en las partes altas, especialmente en las sierras montañosas. Las raíces de los árboles aumentan la capacidad de infiltración. Se ha dicho que, en llanuras o mesetas cercanas a terrenos inclinados cubiertos de vegetación existirá gran cantidad de mantos acuíferos.

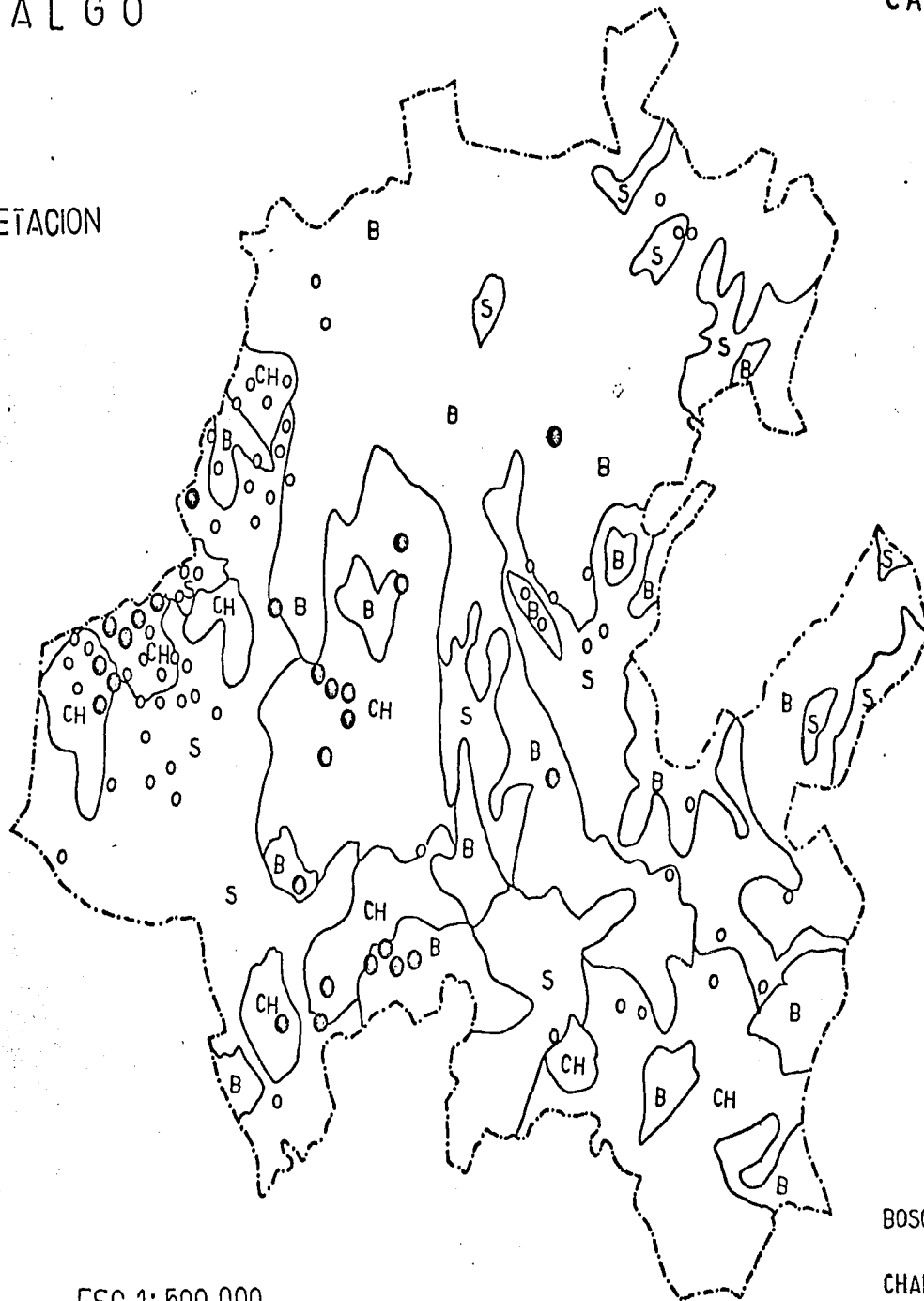
Según vemos el mapa, los manantiales han brotado en donde predomina la vegetación de Chaparral, la misma región de los valles ya mencionados; han hecho su aparición al pie de las montañas o sea donde casi termina el bosque, lo que viene a comprobar la trayectoria del agua hacia lugares bajos.

La vegetación predominante en los lugares próximos a los manantiales es de: plantas xerófitas entre las que destacan, el - mezquite, cactus, órganos, magueyes, etc. pues estas zonas son áridas y semiáridas por su escasa precipitación y su tipo de suelo calizo. A esta vegetación la estoy considerando como de chaparral según el mapa. Debo aclarar que también existe la vegetación arbórea en los sitios de los manantiales donde hay pirules, ahuehuetes, sauces, palmeras y pinos. Estas plantas son todas indicadores de la presencia de aguas subterráneas, principalmente las freatofitas de las zonas semiáridas o al margen de los ríos que son de las mejores indicadores de agua buena, precisamente la freatofita más común en el estado y en estas zonas de manantiales es el mezquite junto con otras xerófitas que a la vez constituyen un verdadero problema por la cantidad de agua que utilizan y que desperdician con su evapotranspiración, aunque no se destruyen por la protección que le brindan al suelo en contra de la erosión.

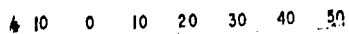
#### f).- CAUSAS ESPECIFICAS

Existen varias teorías que tratan de explicar el origen de las aguas geomedicinales, pero quizás las más acertadas son a las que me he estado refiriendo, o sea las de origen pluvial e infiltra-

VEGETACION



ESC. 1: 500,000



BOSQUE [B]

CHAPARRAL [CH]

SEMBRADOS [S]

das y las de origen magmático o volcánico. Se admiten estos dos orígenes porque se tiene conocimiento de que muchas de estas aguas son mixtas o sea, una mezcla de las infiltradas y de las magmáticas.

Ciertamente, se admite que el mayor porcentaje de las aguas que brotan de la superficie de la Tierra, corresponde a las causadas por las lluvias, y en menor proporción a las que proceden del interior.

A las aguas de infiltración o superficiales, se les atribuyen las siguientes características:

- a) Brotan de fallas en cualquier terreno, sin relación con rocas eruptivas.
- b) Su caudal varía, de acuerdo a las lluvias y estaciones.
- c) Suelen ser potables con escasa mineralización.
- d) Su temperatura rara vez pasa de los 30 grados centígrados.
- e) No contienen sus elementos característicos de las emanaciones metálicas de las profundidades como: Boro, Fósforo, Arsénico, Bromo, Fluor, Cobre, Nitrógeno, etc.
- f) Pueden surgir en anticlinales o en sinclinales.

A las aguas magmáticas o profundas, se les atribuyen las siguientes características:

- a) Brotan de fallas en relación con filones eruptivos.
- b) Su caudal es rítmico, con escasa variación en 24 horas.
- c) Son por su composición química mineromedicinales, algunas de fuerte mineralización y otras hasta radioactivas.
- d) Su temperatura suele ser elevada.
- e) En su composición suele figurar: el Nitrógeno, Helio, Carbónico libre, sales amoniacales, halógenos y otros metales presentes en fumarolas y emanaciones volcánicas.

Estos son pues, las dos causas principales de las aguas que nos ocupan en este estudio. Lógicamente la pendiente del relieve, la geología y la vegetación influyen para que se presenten estas aguas en determinado lugar. Por ejemplo, aún cuando haya regiones áridas y secas, como es el caso del estado de Hidalgo y que, por coincidencia en donde aparecen la mayoría de los manantiales es por causa de que las aguas han viajado desde lugares distantes como corrientes subterráneas, atraídas por la gravedad hasta aflorar donde la orografía del terreno lo permite o las condiciones de las rocas y del suelo sean propicias, esto es según su porosidad o permeabilidad.



Estos y muchos otros factores son los que se unen para dar origen a este maravilloso y desconcertante recurso natural.

Por último quiero señalar la causa de la temperatura de las aguas debido a que es una de las propiedades que contribuye a la cura de las enfermedades.

Es conocido que la temperatura de la tierra aumenta con la profundidad ( 1 grado centígrado por cada 30 y 35 metros de profundidad ) siendo esta la causa principal de la temperatura de las aguas. Aunque a veces la elevación de la temperatura es mayor a la que corresponde a su profundidad, y esto podría ser por la cercanía o el contacto de magma o manifestaciones volcánicas a altas temperaturas. Por lo demás el gradiente térmico deja de actuar a corta distancia relativa de la superficie.

### III BREVES ASPECTOS DE HIDROLOGIA MEDICA

#### a).- DEFINICIONES

Las aguas minerales son el tema principal a tratar en este breve estudio y por tal motivo me interesa explicar en una forma clara el concepto o definición de estas aguas. Tomando en cuenta la opinión de algunos autores, he creído conveniente definir a las aguas minerales como aquellas que son de origen natural y que por su composición de elementos disueltos o en suspensión contienen propiedades químicas, físicas y biológicas especiales dotadas de poder curativo y profiláctico.

Desde luego se les conoce con varios nombres, según el fin para que se utilicen como por ejemplo: aguas termales, minerotermales, termominerales, naturamedicinales, mineromedicinales y geomedicinales. En los primeros nombres se observa el término de termales ya que una de sus características o propiedades es que en ocasiones son calientes (por lo menos una temperatura igual a la del ambiente). El término mineromedicinal es el más frecuente debido a que los minerales contenidos en estas aguas son, junto con otros factores, decisivo para la cura de las enfermedades.

Aunque este estudio es relacionado a la explicación de este término, yo emplearé el nombre de geomedicinales por la sencilla razón de que por una u otra forma las aguas medicinales son producto de muchos fenómenos que ocurren fuera y dentro de la superficie de la Tierra, fenómenos que se relacionan entre sí, que se conocen sus causas y su localización; por tal motivo son estudiados por la Geografía, ciencia que, como vemos, tiene gran relación con el origen de estas aguas geomedicinales y por lo consiguiente con la ciencia de la medicina que les es inherente.

Para establecer una diferencia entre el agua potable y las aguas geomedicinales diremos que las primeras son transparentes, incoloras, inodoras e insípidas, de temperatura inferior a 15°C. carentes de gérmenes patógenos y de sustancias minerales en cantidad establecida por organismos oficiales, que pueden ser utilizados con fines alimenticios.

Y las aguas geomedicinales son las que procediendo de un manantial o venero pueden contener baja, mediana o elevada cantidad de minerales, elementos activos y raros pero en todos los casos benefician la salud humana.

Ahora siendo que aguas parecidas a las potables tienen también propiedades curativas y que hay aguas con elevada cantidad de propiedades físico-químicas que no son de ningún valor terapéutico, se ha dicho que la diferencia principal es que son geomedici-

nales cuando son utilizadas para fines curativos siendo reconocidos por organismos competentes. Aunque también la temperatura es otra diferencia clara ( no en todos los casos ) o sea que las potables se encuentran a menos de 20°C. y las geomedicinales a más de 20°C y de ahí el término tradicional de aguas termales.

Es importante señalar que las aguas geomedicinales son estudiadas por una ciencia, rama de la Medicina, que a pesar de su existencia desde tiempos antiguos y de su gran verdad científica, así como de sus magníficos resultados, ha pasado en algunos países desapercibida entre la gente y aún entre los estudiosos y especialmente los médicos. Esta ciencia es la Hidrología Médica o Crenoterapia que estudia la capacidad de las aguas geomedicinales para actuar sobre el organismo sano o enfermo, fijando sus formas de administración e indicaciones. El neologismo de crenoterapia es de amplia utilización en Francia, en tanto que en Alemania se usa el término de Balneoterapia para expresar la aplicación terapéutica de las aguas mineromedicinales, junto a las circunstancias ambientales propias del lugar.

Para aclarar más ésta definición mencionaremos otros términos afines: la Hidrología es la parte de las ciencias naturales que estudia las aguas en general, sus especies, propiedades, etc., siendo una de sus ramas la Hidroterapia que se ocupa de las aplicaciones del agua en el cuerpo humano con fines terapéuticos.

Crenología ( de Krenos - fuente o manantial, y logos - tratado ) estudia las aguas geomedicinales de los manantiales, sus propiedades, su origen, relación con el terreno y sus virtudes curativas en el hombre.

#### b).- ANTECEDENTES HISTORICOS

Siendo que Crenología es el término que más satisface nuestras necesidades, usaremos dicha palabra escribiendo a la vez algo de la historia de esta interesante ciencia.

El empleo de las aguas geomedicinales como remedio, puede incluirse entre los hechos terapéuticos más antiguos, aunque sus efectos se podían atribuir a la hechicería, a los espíritus, ninfas o dioses. Nos cuenta la mitología que Heracles, una de las divinidades griegas, obtenía gran beneficio del poder curativo de estas aguas y fueron puestos muchos nombres a manantiales en su honor. El número de manantiales utilizados por los griegos para tratar a los enfermos llegó a ser muy elevado, alcanzando algunos de ellos la categoría de establecimientos balnearios como los del Peloponeso, Cos, Pérgamo, Rodas, etc. Cabe mencionar el insinto que tenían todos los pueblos primitivos para observar y adivi-

nar las propiedades curativas de las aguas. Todo esto no era más que sistemas empíricos que procedían a veces de creencias religiosas.

La utilización terapéutica de estas aguas adquiere un avance más racional con la influencia de Hipócrates, el cual aconsejaba el aire fresco y sano, la dieta, el reposo psíquico y corporal, la luz, los masajes y aplicaciones locales y generales del agua.

En el pueblo romano también se tenía un arraigo por los baños, según expresa Plinio. Y el valor terapéutico de ellos fue defendido después por Herodoto, el médico, que no debe confundirse con el historiador, el cual escribe un " Tratado de los agentes de la medicación externa " y llegó a establecer principios de la Crenoterapia como: la duración de las curas, elección de la estación más favorable, técnicas de administración, etc.

Con la influencia romana en la península Ibérica se erigieron templos dedicados a sus divinidades y entre ellos algunos manantiales como: los baños de Montemayor a la Nymphoe Coparemsium; baños de Leon a la N. Fontés Ameueni, etc.

La invasión de los bárbaros produjo la destrucción de muchas termas o manantiales romanos y también por otra parte los emperadores cristianos restringieron su empleo para evitar actos inmorales.

No obstante, la historia atestigua que el papa Adriano I recomendó al clero y peregrinos el uso frecuente de las aguas con fines profilácticos y curativos e hizo restaurar el acueducto Sabatino que conducía el agua hasta el atrio de la Basílica de San Pedro

Por este tiempo, Carlo Magno instaló muchas termas y fijó su residencia en Aix-la-Chapelle ( Aquisgran ) por su buen clima y abundancia de aguas termales, llegando a ser una de las ciudades principales de Alemania.

Con las Cruzadas floreció la curabalneariaya que se utilizaban las aguas para curar a los heridos y para combatir las enfermedades contraídas en Oriente.

Durante el Renacimiento no se tuvo ningún adelanto en la terapéutica y la Hidrología sufrió un retraso debido a que los mismos médicos se encargaron de propagar la idea de que la utilización de los baños facilitaba la transmisión de las enfermedades.

La primera publicación sobre este tema fue impresa en Padua en 1473 figurando en ésta, trabajos de Foligno, Siena, y Thu ra

da Castello. En 1485 Savonarola publicó en Ferrara su "De Balneis et Thermis" que es considerado el primer tratado de Balneoterapia.

En España, Gutiérrez de Toledo, publicó normas sobre la utilización de los baños de Alhama de Granada y Alhama de Aragón. Mientras tanto en América y en lo particular en nuestro país, también el baño con aguas mineromedicinales ha tenido importancia desde los tiempos pre-hispánicos.

Las tradiciones históricas, los códices y restos arqueológicos nos indican que los indígenas precortesianos conocían las cualidades y las propiedades del agua. Y los sitios donde había manantiales les llamaron Atotonilco (de Atl-agua y Totonilli-caliente). Prueba de esto es que actualmente todavía existen muchos lugares con el nombre de Atotonilco en todo el país. También nos indican que entre los aztecas usaban el baño como un principio curativo. Este pueblo, al igual que otros llegó a usar el Temazcalli (de Tetl-pedra, Calli-cosa, Aztatl-Blanco y vapor) que era una forma sencilla de organizar un baño privado, familiar o comunal; era una pieza redonda de baja altura donde cabía una persona sentada y tenía una puerta pequeña donde recibían el agua calentada artificialmente con leña y vapor producido por el agua caliente. Este baño todavía empleado en la actualidad se asocia a masajes del cuerpo y a la hierba que se le agrega al agua. Se usa en con valedades y se aplica también a las mujeres embarazadas y a las puerperas.

Probablemente el primer balneario de gran fama en nuestro país haya sido el de Tepetzinco, frecuentado por dignatarios aztecas y más tarde conocido como Peñón de los Baños en la Ciudad de México.

Los tarascos de Michoacán también utilizaban manantiales radiactivos y mineromedicinales y a través del tiempo han ido conservando ésta tradición, hasta nuestros días en que vemos los famosos centros balneológicos de San José Purruá y Agua Blanca.

Los pueblos purépechas al igual que todos los pueblos de la historia, asociaban sistemáticamente la magia con la medicina y utilizaban las virtudes curativas de las aguas con prácticas esotéricas en que figuraban el copal, el peyote y otros productos vegetales que hoy se reconsideran en el capítulo farmacológico y terapéutico de las drogas psicodislépticas.

Ya los médicos hispanoamericanos conocían las clasificaciones de las aguas geomedicinales de los romanos Plinio y Vitrubio. Sabían de la importancia de los balnearios europeos, como el de Baden-Baden en Alemania, etc.

En España Alfonso Limón Montero escribió en 1679 la obra que se puede considerar como la fundadora de la Hidrología Nacional de aquel país " Espejo Cristalino de las aguas minerales en España ". Ya después de ese trabajo surgieron nuevos estudios de Hidrología que concretizaron la acción terapéutica de las aguas geomedicinales en España.

En el Siglo XVIII, el P. Francisco Antonio Navarrete, S. J., escribe su historia peregrina del agua de Querétaro y en el mismo siglo otro religioso y médico de origen francés Fray Pablo de la Purísima Concepción Beaumont, publica en 1772 su interesantísimo libro " Tratado de la agua mineral caliente de San Bartholome " este autor aclara lo que hoy podíamos afirmar y repetir: " ¡Qué importa que nuestro país tenga tantas aguas mineromedicinales distintas si es como si no los tuvieramos porque ignoramos sus virtudes curativas ! . "

Hasta el siglo XIX, surge la Crenoterapia científica con representantes como Lister en Inglaterra, Hoffman en Alemania, Durand Fardel en Francia y Pedro María Rubio en España. Igualmente podemos citar por su enorme trascendencia la labor del párroco Sebastian Kenipp ( 1821-1897), que, en Woerishofen, explicó intensamente la Hidroterapia y llegó a crear un verdadero método de cura que todavía se sigue utilizando en muchos centros muy acreditados en Alemania, Austria, y otros países.

El progreso de las ciencias, y seguramente los descubrimientos de la ionización y la radiactividad, lejos de abatir el empirismo crenoterápico, le brindan, las armas más poderosas para su desarrollo.

El austriaco Guillermo Winternitz (1834-1902) señala ciertas técnicas hidroterápicas de gran valor terapéutico que se conservan todavía en nuestros días.

En México, José E. Lobato publica en 1834 un estudio sobre las aguas medicinales de la República Mexicana. Mas tarde la revolución interrumpió el progreso hidroterápico, hasta que en 1934 Manuel Muñoz Lumbier publica su libro sobre "Las aguas medicinales en México".

Por lo que respecta al estado de Hidalgo se dice que cuando, el pueblo tolteca llegó en su peregrinar a Tasquillo, Hgo., guiados por Huemac hace XIII siglos, quedaron prendados del lugar por su extraordinaria belleza y la abundancia de sus aguas termales y medicinales. En estos lugares los otomíes habían construido obras de irrigación y no permitieron a los toltecas permanecer. Estos continuaron su recorrido por el actual río Tula y mas adelante funda-

ron su capital del mismo nombre, donde alcanzaron su mayor esplendor. Y cuenta la leyenda que a Huemac nunca se le olvidó la belleza de Tasquillo y regresó conquistando a los otomíes ese lugar y lo primero que hizo fue construir los baños del rey donde actualmente está el balneario, de Tzindejéh, para que los soberanos tuvieran un lugar de deleite. Actualmente este balneario es el mas hermoso de todos los que hay en todo el estado.

En Hidalgo, como en la mayoría del país, por tradición se sabe que las aguas mineromedicinales de los manantiales son buenas para curar ciertas enfermedades, pero se desconoce la Crenoterapia moderna y avanzada de los países europeos, así como se desconoce la cantidad exacta de recursos geomedicinales con que se cuenta.

Lo que se ha escrito, nos demuestra la evolución de la Hidrología médica paralelamente con la Medicina General. Actualmente podemos ver como es apoyada con conocimientos y técnicas ofrecidas por otras Ciencias Naturales como la Física, Química, Fisiología, Farmacología, Patología, Higiene, etc. . etc. , y por lo mismo ha ido perdiendo su primitivo empirismo para hacerse cada vez más científica. En la actualidad no sólo se estudia el origen y composición de las aguas geomedicinales, sino que se estudian también sus funciones sobre órganos y acciones, en tejidos aislados y en organismos sanos y enfermos, tratandose de determinar sus indicaciones, contra indicaciones y mecanismos de acción.

En México, tenemos la confianza de aprovechar las condiciones físicas geográficas del territorio y revivir poco a poco esta interesante cura balnearia.

Junto con este estudio, del estado de Hidalgo ya se están realizando otros en estados cercanos al Distrito Federal, que es donde más concentrada está la población y por lo consiguiente donde más se necesita de este preciado recurso tan ignorado en su aspecto científico por la mayoría de la población mexicana.

Con este enriquecimiento de la Hidrología, su avance científico, y con los resultados tan magníficos para la salud, que se obtienen cada día, nos hacen reflexionar sobre este desconcertante caso de las aguas termales o geomedicinales.

#### c).- PROPIEDADES CARACTERISTICAS DE LAS AGUAS MEDICINALES.

El agua pura es un compuesto de Hidrógeno y Oxígeno, inodoro, incoloro, insípido y transparente, que a la temperatura ordinaria es líquido, sólido a 0°C. o temperaturas mas bajas y gaseoso

so por encima de los 100°C. El agua es la sustancia más abundante y ampliamente distribuida sobre la superficie de la tierra y en la composición de la materia orgánica e inorgánica. Con esto podrá pensarse que tal compuesto es simple, pero la realidad demuestra que el agua es desde muchos puntos de vista, un compuesto anormal y de muy peculiares características.

La eficacia terapéutica de una agua mineral puede ser atribuida a la peculiar estructura molecular o a sus propiedades físicas o fisicoquímicas, a sus elementos mineralizantes, a su materia orgánica, etc.

Las aguas geomedicinales son límpidas, pero en algunos casos y más si son envasadas pierden su propiedad como consecuencia de las reacciones químicas y floculaciones que ocurren en su seno o simplemente por contener partículas sólidas en suspensión, que les confieren un cierto grado de turbidez que puede medirse por distintos medios.

La mayoría de las aguas minerales son incoloras, pero a veces muestran cierta coloración, como ocurre en las aguas sulfuradas, que son verde azuladas, pasando a amarillentas con la conservación; las aguas ferruginosas pueden ser rojizas; las cloruladas, verdosas, etc.

En todos los casos la coloración se debe a sustancias disueltas y no a las suspendidas, por lo que no pueden confundirse con la turbidez.

Las aguas minerales suelen ser inodoras; pero, por ejemplo, las sulfuradas huelen a huevos podridos, las fuertemente cloruradas tienen un olor llamado clorado, etc., todo depende de qué mineral se trate.

El sabor también depende de la mineralización y la temperatura. Las cloruradas son saladas; las sulfuradas son amargas; las carbogaseosas son acídulas; las ferruginosas, estípticas, etc. El sabor como el olor es de difícil determinación pero se puede recurrir al proceso de mezcla del agua, en estudio con agua inodora o insabora (según el caso) hasta conseguir la desaparición del olor o sabor primitivo.

La temperatura es de gran interés para las aguas geomedicinales y su principal propiedad que les caracterizó desde el primer momento. Según San Román, el calor de las aguas proviene de tres orígenes:

- 1.- Procesos químicos que originan calor.
- 2.- Por frotamiento de agua corriente con el suelo.



3.- Acopio de calor del interior de la tierra, alcanzando mediante el grado geotérmico, debido también al calor magmático o mezcla de gases del mismo origen volcánico.

Como hemos mencionado anteriormente la temperatura de la tierra aumenta con la profundidad, siendo ésta una causa de la termalidad de las aguas.

La densidad ( $D=M/V$ ) y el peso específico ( $P.E.=P/V$ ) son conceptos distintos, aunque se emplean como sinónimos por ser de valores relativos numéricamente iguales, dependientes de la mineralización y, en las aguas minerales son siempre superiores a los valores de las aguas puras.

Por lo que respecta a la ionización de las aguas podemos decir que el progreso científico nos ayuda a comprender mejor el mecanismo que realizan las aguas mineromedicinales a través del organismo para causar un alivio a las enfermedades.

La teoría de Arrhenius explica que a las sales en solución acuosa, se les llama electrolitos y estos se disocian en iones cargados eléctricamente; pueden ser negativos o aniones y positivos o cationes. Los radicales iónicos pueden ser simples como el cloruro de sodio o sal común ( $NaCl$ .  $Cl^-$ ,  $Na^+$ ) y los compuestos de dos o mas elementos como el Sulfato de calcio ( $CaSO_4$ .  $SO_4^{--}$ ,  $Ca^{++}$ ).

En las aguas minerales es de mucha importancia determinar la cantidad de sólidos disueltos, lo que se logra evaporando a sequedad una cantidad determinada y pesando el residuo.

Otra característica de estas aguas es determinar su dureza pero de una manera más exacta que como se realiza en el agua potable. Interesa conocer no sólo la mineralización total o las sales que representan la dureza sino su exacta composición, o por lo menos, el contenido de los factores que pueden intervenir en su acción terapéutica, bien sean sustancias fijas, disueltas o gases.

Entre los componentes cuantitativos mas destacados figuran los cationes: sodio, calcio, magnesio, potasio, litio, hierro, etc. y entre los aniones: cloruros, sulfatos, carbonatos, bicarbonatos, etc. Los mas importantes cationes alcalinos son:

El sodio que se encuentra en todas las aguas geomedicinales y en muchos casos, como catión predominante. De su importancia terapéutica podemos recordar que interviene en todos los procesos biológicos, siendo característico su poder hidratante, acción reguladora de los procesos de permeabilidad celular. La trasmisión

sión del impulso nervioso precisa del sodio que, en este sentido, puede considerarse como mantenedor de la excitación neuromuscular. Practicamente todas las funciones orgánicas necesitan de la presencia del sodio. Es un amortiguador o "buffer" orgánico.

El potasio acompaña siempre al sodio, aunque en condiciones mucho más bajas. El potasio es requerido por el organismo para mantener sus equilibrios iónicos. Se encuentra como predominante en el interior de las células, en tanto que el sodio predomina en el líquido extracelular.

Siendo indispensable como catión intracelular, contribuye a mantener el potencial negativo de la célula, el tono muscular y la actividad del sistema nervioso, en particular, del vegetativo.

El litio es también frecuente pero a muy baja concentración. Su acción terapéutica es aún discutible pero no puede negarse en absoluto su función alcalina, disolvente y eliminadora de los derivados púricos.

El calcio es uno de los elementos mineralizantes que se encuentra con mayor frecuencia en las aguas.

Las aguas ricas en calcio suelen ser frías y no tan mineralizadas como las sódicas.

Este catión es imprescindible en el organismo ya que desempeña importantes funciones en los líquidos extracelulares, siendo esencial para la normal actividad del sistema nervioso, corazón, musculatura vascular, coagulación de la sangre, equilibrio electrolítico, osificación etc. Pero siempre en forma iónica que es la más activa.

El magnesio, es un catión indispensable para mantener la integridad del sistema neuromuscular; es depresor del sistema nervioso central y activador de varios sistemas enzimáticos.

Entre los elementos de transición pueden considerarse el manganeso. El hierro con frecuencia se encuentra en las aguas geomedicinales, en baja concentración. Toda agua que contenga mas de 10 mg., de ión ferroso o férrico por litro, se considera agua ferruginosa, prescindiendo de los demás componentes de la misma. El hierro muchas veces aparece en zonas volcánicas. Interviene en el hematopoyesis y constitución de enzimas respiratorias en particular de los citocromos, de tan importante intervención en las oxidaciones.

Respecto al manganeso podemos decir que suele acompañar

al hierro en las aguas geomedicinales, aunque su proporción sea más pequeña; su principal acción es catalítica.

Otros cationes son: el aluminio, la plata, plomo, bismuto, zinc, cadmio, galio, titánio, vanadio.

Estos son, los llamados " oligoelementos " o " microcomponentes " de las aguas, capaces de ejercer acciones directas o indirectas en el organismo, integrarse en grandes complejos, intervenir catalíticamente, etc.

Entre los aniones halógenos figuran los fluoruros que se encuentran en proporciones relativamente elevadas en aguas eruptivas profundas, en tanto que los bromuros y yoduros suelen encontrarse en las aguas cuya mineralización es de origen lacustre. Los cloruros se encuentran siempre en proporciones variables; las aguas más ricas en cloruros son las que se proceden de terrenos sedimentarios y en mayor cantidad también se encuentran aguas profundas.

El azufre, en formas diferentes, es uno de los más destacados factores mineralizantes de las aguas. Su forma más frecuente es oxidada, como sulfatos, también hay aguas sulfuradas en las que el azufre está como tiosulfatos, polisulfuros y a veces sulfitos. El ión sulfúrico puede hallarse combinado en las aguas con el sodio o con el calcio formando las aguas sulfuradas óxicas o sulfuradas cálcicas. Los primeros de origen profundo, en terrenos primitivos y cristalinos. Termales, con mineralización que raramente alcanza un gramo. Los segundos proceden de terrenos sedimentarios más mineralizados.

Silicio, casi todas las aguas geomedicinales contienen apreciables cantidades de silicio bajo forma de sílice libre coloidal o anión silícico.

Los silicatos aparecen en las aguas como consecuencia de la lixiviación de las rocas, facilitada por la presencia de carbónico y pH ácido. Ciertas aguas de origen profundo pueden también contener cantidades considerables de sílice hidratada.

Tiene gran importancia en la terapéutica, junto con sus derivados, su acción antipútrida, antifermentable, emoliente, sedante y anti-inflamatoria sobre piel y mucosas.

También es interesante su acción sobre el aparato circulatorio. Las aguas silicatadas también actúan con beneficio para el tratamiento de las anginas de pecho.

Carbonatos y bicarbonatos, estos compuestos se originan

partir del gas carbónico  $\text{CO}_2$  que por su solubilidad en el agua, pueden tomar ciertas cantidades de aire, pero también el suelo puede aportárselo en grandes cantidades que una vez combinados formará bicarbonato  $\text{CO}_3\text{H}^-$ , que a su vez podrá disociarse posteriormente en dos fases, que llevan a carbonato ( $\text{CO}_3^{++}$ ) e hidrógeno (H).

La relación existente entre el bióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) disuelto y bicarbonato, carbonato y pH pueden ser influida por los cambios de temperatura, presión, flora y otros factores, lo que justifica el que carbonatos y bicarbonatos se consideren entre los constituyentes menos estables de las aguas geomedicinales.

Los químicos consideran el bicarbonato y carbonato como índices de " alcalinidad " del agua que determinan con un ácido fuerte, utilizando como indicador la fenolftaleína (pH- 8,3 ) para la equivalencia del bicarbonato y el naranja de metilo ( pH-4 a 5 ) para el ácido carbónico.

Ya explicaré mas adelante las aplicaciones terapéuticas de estos compuestos.

Finalmente se pueden considerar al boro que con mucha frecuencia se encuentra en las aguas geomedicinales en especial en las aguas cloruradas; puede ser de origen superficial, a partir de minerales boratados y también puede figurar en las aguas profundas.

Gases.- Diversos cuerpos gaseosos pueden figurar disueltos o simplemente incorporados en el tipo de aguas que aquí nos ocupan.

Entre los gases mas destacables figuran el hidrógeno ( H ), oxígeno ( O ), anhídrido carbónico (  $\text{CO}_2$  ), hidrógeno sulfurado - (  $\text{H}_2\text{S}$  ), anhídrido sulforoso (  $\text{SO}_2$  ), metano (  $\text{CH}_4$  ), etc. Existen algunos otros como los raros y radiactivos, en escasa proporción.

El conocimiento de los gases en las aguas geomedicinales es de interés, ya que el hidrógeno ( H ), indica el origen profundo de las aguas que lo contienen; los géiseres y fumarolas contienen abundante hidrógeno.

El oxígeno es siempre de origen aéreo y, portanto, es raro en las aguas geomedicinales. El anhídrido carbónico, casi siempre de origen profundo, es frecuente en las aguas bicarbonatadas, pero también figura en muchos otros tipos de aguas e incluso llega a caracterizar un grupo de aguas llamado " carbogaseosas ". El hidrógeno sulfurado se encuentra en muchas aguas sulfuradas y más en las cálcicas; su origen suele ser la hidrólisis de los sulfuros o los yacimientos de piritas con los que pueda contar el agua. El metano se encuentra en aguas que provienen de zonas ricas en hidrocarburos.

ros que liberan espontáneamente este gas o de las fermentaciones de tipo anaerobio de depósitos orgánicos .

Al nitrógeno se le concedió hace muchos años, destacad o interés por serle atribuidas virtudes terapéuticas que desgraciadamente no se han podido confirmar. Algo parecido ha ocurrido con la acción terapéutica de los gases raros, que con frecuencia figuran y a veces en cantidades elevadas en las aguas geomedicinales, aunque en este caso podríamos decir que sí, se ha observado el poder curativo de estas aguas pero se desconoce cuáles pueden ser los manantiales que contienen estos tipos de gases y la razón es que no hay interés entre la gente por analizar y aprovechar este maravilloso recurso para la salud.

Así mismo se desconocen las enfermedades que se puedan tratar con estas aguas.

Los principales gases raros que se encuentran en este tipo de aguas son: el helio (He), argón (Ar), kriptón (kr), neón (Ne) y xenón (Xe).

Uno de dichos gases adquiere particular interés para los hidrólogos, a saber el radón (Ra) que por lo general es el elemento radiactivo causante de la radioactividad de las aguas. Gas carente de propiedades químicas que no se combina con otros elementos, manifiesta su poder y acción en virtud de la radiación que emite.

Es soluble en el agua y en mayor proporción en el agua fría poseen las sustancias radioactivas, particularmente en emanación, la propiedad de depositarse en los cuerpos con los que se pone en contacto, formando como un verdadero depósito que emite a su vez radiaciones.

Las sustancias radiactivas, como en este caso el radón, en su continua desintegración, desprende rayos alfa, beta y gama por ejemplo, los rayos alfa son partículas ponderables constituidas por un átomo de helio cargado con electricidad positiva. Un miligramo de bromuro de radio emite cerca de ciento cincuenta millones de rayos alfa por segundo, desarrollando calor y siendo los rayos menos penetrantes en comparación a los beta y gama.

Actualmente en todos los países, la unidad de medida de la radioactividad es el curie, pero en el caso de las aguas geomedicinales esta medida resulta elevadísima por lo que se emplean sus submúltiplos y en especial el milimicrocurie o nanocurie. También se emplea el picocurie, pc, con un valor de  $10^{-12}$  curies.

Es quizá, la unidad de elección para las aguas mexicanas,

poco radioactivas en general.

Aunque no existe una relación directa entre radioactividad y eficacia terapéutica, se admite como límite mínimo para que una agua sea considerada radiactiva la de 1.27 milimicrocurie de radón.

Coloides, peloides y, materia orgánica. Existen en las aguas geomedicinales, iones libres, soluciones verdaderas, soluciones coloidales cuyas micelas, de un tamaño inferior a 0.1  $\mu$ , que poseen acciones fisicoquímicas especiales sobre el organismo.

Por su comportamiento con el agua, los coloides que son - pequeñas partículas con carga eléctrica variable se han dividido en hidrófobos e hidrófilos. A los primeros pertenecen las soluciones coloidales metálicas, y al segundo grupo pertenecen por ejemplo : la albúmina, lipoides, fermentos, etc.

En cuanto a la acción de los coloides en las aguas geomedicinales podemos destacar su posible acción catalítica y, además de intervenir en las reacciones fisicoquímicas del organismo interviene en la presión osmótica, equilibrio de Donnan, imbibición, proyección de soluciones, etc.

Los peloides son completos sólidos que arrastran las aguas minerales y que pueden tener por sí mismos efectos terapéuticos característicos. Tal es el caso del lodo o fango que es la mezcla de una sustancia orgánica o inorgánica de procedencia natural con un agua natural que le confiere una consistencia pastosa, para ser usada en aplicaciones locales o generales con un fin terapéutico. Estos lodos fueron usados en la antigüedad por los romanos, y según Baccéus se usaron ya en Egipto por los médicos, asombrados de la frondosidad de la vegetación bañada por el limo del Nilo.

También en las aguas geomedicinales se puede encontrar - gran proporción de materia orgánica en forma de microorganismos de plantas y animales dependientes de la mineralización, gases temperatura, y demás propiedades de cada agua.

Según el profesor M. de Armijo Valenzuela, la flora está constituida esencialmente por algas Cianofíceas y Algobacteriáceas. Entre las Cianofíceas destacan los géneros Mastigadatus, - Phormidium y Oscillatoria.

Los dos primeros aparecen más frecuentemente en aguas de alta temperatura, en tanto que el último es mas propio de aguas frías y poco profundas.

Las algobacterias mas importantes son:

Desafortunadamente nuestro país no ha aprovechado como se debe este recurso por causa de la falta de conocimientos e interés que se tiene por la Crenoterapia. Por esta razón, este breve trabajo tiene la finalidad de que la población de nuestro país conozca los recursos Crenoterápicos con los que cuenta y puede acudir a ellos para curar sus enfermedades.

En realidad, la importancia de la cura balnearia es grande, y mas en los tiempos modernos, en que las grandes ciudades crecen desmesuradamente y en las cuales el hombre vive dinámica y artificialmente, perjudicando cada vez mas su salud. Por tal motivo, el tratamiento terapéutico de estas aguas es ideal para curar numerosas afecciones, psíquicas y somáticas, para aliviar las crónicas de cualquier tipo, afirmar la salud, recuperar el vigor perdido y aumentar el caudal de bienestar en los individuos y en las colectividades. Así pues, al mismo tiempo que proporciona alivio al paciente, éste, durante las temporadas balnearias puede conseguir una educación y cultura interesante en lo que respecta a la higiene en general, por la disciplina que supone el someterse a unas normas de alimentación adecuada, curas de reposo o ejercicios, según los casos etc.

Respecto a la importancia social, explica San Román en su libro, que fue la creación de Seguros Sociales lo que impuso de un modo rotundo la necesidad de recurrir a la Crenoterapia de los asegurados como sistema curativo para previsión de invalidez y como medio eficaz de recuperación de la capacidad vital. Las estadísticas demostraron el ahorro para estos seguros respecto a seguros de enfermedades, invalidez o disminución de trabajo provocado por las diferentes afecciones.

La cura balnearia encierra un gran interés productivo e industrial y tiene aun mas importancia en el aspecto sanitario, científico y social.

En resumen, podemos mencionar una lista de beneficios que nos traerían estas aguas, como consecuencia de una amplia explotación de ellas.

- 1.- Curación de muchas afecciones, profilaxis de otras y regeneración física del pueblo.
- 2.- Previsión de invalideces, economía para las cajas de seguros sociales y la nación, y mayor capacidad laborativa para los trabajadores.
- 3.- Adelanto y prosperidad para la industria y el comercio.
- 4.- Medio de producción y trabajo.

- 5.- Aumento de los ingresos para el tesoro.
- 6.- Fomento y extensión del turismo.
- 7.- Medio de estrechar los lazos de unión latinoamericana.
- 8.- Aportación de divisas.
- 9.- En caso de guerra, medio eficaz en la curación de heridos, profilaxis de mutilaciones e invalideces y centros dispuestos para el rápido y adecuado montaje de hospitales militares.
- 10.- La conservación, protección y embellecimiento del medio ambiente, en especial en donde brotan los manantiales.
- 11.- El establecimiento de campamentos escolares y la creación de parques nacionales.

Todos los puntos antes mencionados son muy interesantes, si se analizan a fondo, aunque quizás, para mí, el primer punto y los dos últimos, revisten mayor interés y cuidado. Todos encaminados al progreso de nuestro país, especialmente del estado de Hidalgo.



#### IV GENERALIDADES DE LAS AGUAS CURATIVAS EN EL ESTADO DE HIDALGO

Antes de mencionar algunas de las principales características de las aguas curativas, escribiré brevemente algunos aspectos del estado de Hidalgo.

Esta entidad es nombrada así en honor al Padre de la Patria don Miguel Hidalgo y Costilla. Está situada en la parte centro oriental de la República, a muy corta distancia de la ciudad de México, pues Pachuca, su capital está a 88 km. del Distrito Federal. Su extensión territorial es de 20,987 km<sup>2</sup>, ocupando, por esto, el 26º lugar por tamaño en el país.

Su población aproximada es de 1,500,000 habitantes que viven bajo la influencia de muchos aspectos geográficos, típicos del lugar, como por ejemplo, su clima, que es variado, pues en la parte suroeste se presenta semiseco, en la sierra madre oriental, templado húmedo y en la huasteca cálido húmedo, etc. Lo anterior trae como consecuencia diferentes tipos de suelo, muy diversos para cultivar diferentes productos agrícolas, ganaderos, industriales y comerciales, diferentes tipos de vegetación espontánea, diferentes maneras de vivir, etc.

También, ha sido dotado el estado de Hidalgo por la naturaleza de muchas montañas, las cuales proporcionan gran cantidad de minerales, pudiéndose prever que este estado destaque en el país, como uno de los más ricos en minería.

La minería y la industria son actividades básicas en la economía del estado, propiciadas por su cercanía al Distrito Federal y a la vasta red de comunicaciones de la zona central del país. Son factores importantes: su producción de cemento en primer lugar nacional y en segundo el ramo textil. Contribuye al desarrollo general de la nación con sus plantas de construcción, reparación y ensamblaje de unidades de transportación establecidas en Cd. Sahagún.

Respecto al turismo, sus ciudades y pueblos son visitados por su gran belleza natural, sus manantiales de aguas termales, sus lagunas para la práctica del deporte acuático, sus reliquias históricas y arqueológicas, etc. permiten augurar un futuro estimulante.

Aún con todo esto, el millón y medio de sus habitantes no ha resuelto muchos problemas, tales como los económicos, desocupación, analfabetismo, desnutrición, enfermedades, etc., y el problema, que a mí me interesa y el que nos debería interesar a todos los mexicanos, es el mal aprovechamiento que se tiene de nuestros recursos naturales; sí, en Hidalgo, como en muchas otras entidades, no se aprecia el valor que desde muchos puntos de vista de-

be tener el buen aprovechamiento de los pocos o muchos recursos con que contamos. En este caso, enfoco el tema al mal uso que se tiene en el estado de Hidalgo de los manantiales, en especial los de agua termal.

Este mal uso, lo atribuyo a la falta de conocimientos crenoterápicos del pueblo y de los gobernantes, así como a su desinterés e indisposición por estudiar, invertir y dedicar tiempo al desarrollo de la Crenoterapia, del turismo y en general del bienestar de las familias hidalguenses, bienestar que, debe comenzar por la buena salud ya que podemos ver que la gente de estos lugares sufre enfermedades tales como la gastroenteritis, influenza, neumonía, faringoamigdalitis, tosferina, disentería, parásitos, metazoarios, varicela, tifoidea, paratifoidea, entre otras; en fin, muchas afecciones que bien podrían aliviarse con una buena cura termal.

#### a).- APROVECHAMIENTO ACTUAL DE LAS AGUAS GEOMEDICINALES.

De los 26 manantiales de agua termal encontrados, sólo en 14 de ellos existe una o hasta 3 albercas, o un estanque pequeño en donde se baña la gente; estos son: Ajacuba, la Cantera, La Carrreta, Chichimequillas, Dios Padre, Humedades, Santa María Amajac, Pathecito, Tahidho, el Tephé, Tezontepec, Tollan, Tzindejé, y Vito. En ellos, el baño es el primer uso que se les da a las aguas, para que después se pierdan en el río, o se utilicen para regar las tierras.

Podríamos decir que, estos manantiales son los más aprovechados por las albercas o estanques con que cuentan, pero no son los más importantes por sus propiedades curativas, por la cantidad de agua que brota, ni por su belleza natural. De estos 14 que son los más conocidos en el estado sólo el de Tzindejeh en Tasquillo, la Carreta en Ajacuba, el Tephé en Ixmiquilpan y Vito en Atotonilco Tula, son los que cuentan con instalaciones adecuadas, para el baño y el recreo, pero aún sin las instalaciones y cuidados que requieren los tratamientos médicos.

En los demás manantiales, el agua escurre al río, la emplean para lavar ropa, bañarse, regar y para alimentarse. Respecto a los manantiales de agua fría, esta escurre al río, se infiltra o se evapora.

No todos los manantiales están localizados en mapas, ni todos son conocidos por la gente, ya que de los 26, sólo 16 se encuentran más o menos mencionados en mapas del estado y solo 6 de ellos en el mapa turístico del país. Esto muestra el desinterés por aprovechar este tipo de aguas. De hecho, en el recorrido por el estado, noté que 10 de los manantiales de agua termal y por su-

puesto la mayoría de los de agua fría aún eran desconocidos hasta antes de elaborar este breve trabajo; siguen aún desconocidos para la mayoría de los hidalguenses y para el pueblo mexicano en general.

Estos solamente son visitados por los habitantes que viven en las localidades cercanas al manantial y por algunas personas - que con dificultad los frecuentan y los recomiendan a otros; digo con dificultad por lo apartado de los centros de población en que se localizan y porque no existen vías de comunicación para llegar hasta ellos y lógicamente no existen en ellos ningún tipo de instalación que pueda proporcionar comodidad o beneficios al turista. Solo existe el brotar constante de un manantial, brotes de agua cuyo fin parece interminable, agua que brota del interior de la tierra y que se ve solitaria ante el suelo húmedo, ante la roca erosionada y ante un río que espera su llegada.

En realidad es triste el paisaje de estos manantiales, son aguas que solo están esperando un análisis cuantitativo y cualitativo para servir tal y como deben al hombre. Sin mencionar la infraestructura necesaria que los habiliten para el servicio público.

Refiriéndome en particular a algunos de ellos, puedo decir brevemente que: el manantial ejidal en el municipio de Ajacuba cuenta con varios brotes a diferentes distancias, en uno de ellos existe un relieve profundo como sumidero de forma alargada, en donde para llegar al brote hay que bajar por unas escaleras. Este manantial es el baño público de Ajacuba, pues aquí llegan todas las tardes los trabajadores de la refinería de Tula, para bañarse, pero sin tener la idea de que son aguas curativas.

En el de Maguey blanco, municipio de Ixmiquilpan, existen dos brotes; en uno de ellos, todas las mañanas, se colocan en filas una gran cantidad de mujeres del mismo pueblo, para lavar su ropa, y en el otro brote el agua, se vierte con otras en un como pozo para después regar la tierra.

Uno de los lugares que más me llamó la atención, es el desconocido también, manantial de Tahidhó, a pocos kilómetros de Tecozantla y en el mismo municipio. Por causa del relieve y la falta de vías de comunicación, con dificultad se llega a él. Son muchos los brotes termales que escurren hacia el río, uno de ellos arroja gran cantidad de agua, tal como lo muestra la fotografía correspondiente. Está situado al pie de una cañada, cuya vegetación es un poco más abundante que en la parte alta de la montaña. Se dice que sus aguas son de las mejores en el mundo por sus propiedades curativas.

Los 5 brotes de Tlacotapilco en Chilcuautla, también escu-

rren al río Tula y sólo son utilizados para el baño de unas cuantas personas y para lavar la ropa. Se antoja pensar que, aunque de propiedad privada ya se hubiera hecho alguna instalación en estos veneros que brotan en esta región del Valle del Mezquital tan árida y con tantos problemas de población, si los propietarios conocieran sus virtudes terapéuticas.

Por último, otro de los que aún permanecen sin ninguna alteración del hombre es el manantial de las Grutas de Tonaltongo - en el municipio de Cardonal. Escondido entre las montañas, presenta por su naturaleza uno de los atractivos más bellos del estado. El agua termal escurre de unas grutas, originando pequeñas caídas de agua, que han desgastado la roca, hasta convertirla en pequeños pozos donde se acumula el agua, existiendo así la facilidad para bañarse y crear una estufa natural de tan importantes indicaciones terapéuticas.

Después el agua vuelve a escurrir formando pequeñas cascadas y caer al río que pasa al fondo de las montañas. Quizá lo que ha motivado la falta de interés es sacar una utilidad provechosa de estas aguas, es la dificultad para llegar a ellas, debido al relieve tan accidentado e inclinado y a la falta de una carretera pavimentada que se acerque al lugar. Pero como ya he mencionado anteriormente, estos obstáculos y problemas que se presentan se pueden vencer y resolver teniendo la seguridad de que, el dinero, tiempo, esfuerzo y los materiales que se inviertan, se van a recuperar y hasta con magníficas ganancias, ganancias o beneficios para el turismo, la iniciativa privada, en fin para el bienestar físico y psíquico de las familias.

En los 14 manantiales, cuyas aguas están almacenadas en albercas y estanques, la gente paga por entrar a bañarse entre dos pesos ( \$ 2.00 ) y quince pesos ( \$ 15.00 ), según el tipo de instalaciones. La mayoría de la gente sabe que las aguas son curativas, pero no sabe qué contiene el agua en que se está bañando, ni para qué enfermedades sirve; solo conoce que se utiliza para curar las " reumas " o simplemente para bañarse.

El fin de semana y en días de vacaciones es cuando estos balnearios se llenan de gente, procedente principalmente de la cd. de México, Pachuca, Ixmiquilpan, Tula, Actopan y otras. Los capitalinos salen en busca de un lugar de descanso, de un lugar donde no vean carros, casas, edificios, smog, etc., y encuentran refugio en estos balnearios que, como hemos expresado, no cuentan con todo lo necesario para su comodidad, ni las instalaciones adecuadas para aliviar sus enfermedades.

Los balnearios de aguas termales que se pueden recomendar para visitarlos por su atracción e instalaciones adecuadas son

Los siguientes:

El de Tzindejéh, a 170 km. de la Cd. de México, en el municipio de Tasquillo. Hay albercas, hotel, restaurant y bonito paisaje natural.

Posada la Carreta en Ajacuba, también presenta un aspecto agradable. Es la zona en donde se encuentran más fosas termales del estado, Este balneario, hotel y restaurant, se localiza en el pueblo de Ajacuba a pocos kilómetros de Tetepango y Tlahuelilpan.

El de Santa María Amajac en Atotonilco el Grande ( Atotonilco, en idioma náhuatl, significa " agua caliente " ) a 126 kms. de la capital del país y a 34 kms. de Pachuca. Existen dos albercas y algunos cuartos que tienen en su interior tinas donde la gente se baña. Aunque muy inadecuadas estas instalaciones, la gente opina que muchos han curado ahí sus enfermedades; se dice que acude gente de muy lejos por causa del prestigio de sus aguas que son radiactivas y comentan entre ellos que se curan " las reumas ", sarna, úlceras y enfermedades del hígado.

Al del Tepné en el municipio de Ixmiquilpan, también se puede acudir con el fin de tener un tratamiento terapéutico o de divertirse sanamente. Hay una alberca, grandes aunque modestos vestidores y restaurant sencillo. Está localizado a 6 kms. de Ixmiquilpan sobre la carretera a Actopan. A solo 152 kms. de México, D. F.

Vito es otro de los balnearios que tienen algunas de las instalaciones con que debe contar todo buen manantial cuyas aguas se requieran aprovechar con fines terapéuticos. Está localizado a 82 kms. de la Cd. de México, en el municipio de Atotonilco Tula cerca de Tula, Hgo., y por tal motivo, es uno de los mas visitados por los capitalinos y vecinos de ciudades próximas. Es uno de los manantiales con más alta temperatura ( 49°c ). La gente llevada por esta propiedad térmica, asiste con mas frecuencia.

La Cantera en el municipio de Tula a los 4 kms. de Tula es otro de los balnearios que se pueden visitar. Cuenta con tres albercas, restaurant y con algunos cuartos.

Podríamos decir también que, en los balnearios donde existen albercas o estanques, se han hecho ya, análisis químicos de sus aguas, y de hecho tienen los resultados a la vista del público; pero esto no significa nada para los visitantes, ni para el propietario, ya que ninguno interpreta los resultados obtenidos de los análisis porque no lo saben hacer. Por supuesto que en la mayoría de los manantiales ni siquiera se había efectuado un estudio o ané-

lisis del agua, y mucho menos de los manantiales de agua fría. Respecto al tipo de tenencia de la tierra en donde se ubican los manantiales predominan los de propiedad privada y después los ejidales y municipales. Solo 3 de ellos son Patrimonio Nacional. A continuación escribo una clasificación de las aguas geomedicinales, para que, después con los resultados de los análisis químicos de 24 muestras traídas del estado, se pueda comprender mejor acerca del contenido de las aguas y su maravilloso poder curativo.

## b).- CLASIFICACION DE LAS AGUAS GEOMEDICINALES

Existen muchas clasificaciones de este tipo de aguas, pero, nosotros diremos como lo expresa Sáñez de la Calzada en su Hidrología Médica General y del Estado de Michoacán y como lo expresan otros autores como San Román, y Rouger, Armijo Valenzuela y otros: En realidad ninguna clasificación es plenamente satisfactoria y de las existentes, todas resultan incompletas, siendo rara el agua mineral que no encaje en dos o más grupos.

La mayoría de las clasificaciones pertenecen a los siguientes grupos:

- a) De tipo geológico - Se basan en las características del suelo en que brotan los manantiales, buscando sin duda el origen de la mineralización de las aguas.
- b) Por las propiedades físicas de las aguas - Consideran, por ejemplo, la temperatura de las mismas como una propiedad muy importante para las aplicaciones terapéuticas.
- c) Atendiendo al residuo seco a 189 °centígrados : Las clasificaciones más difundidas actualmente, están basadas en el contenido aniónico y catiónico predominantes.
- d) Por la acción terapéutica, y en consecuencia.
- e) Por la forma en que son utilizadas.

Para este trabajo, creo conveniente mencionar, solamente dos clasificaciones:

I Una clasificación mixta, admitida por San Román, en que considera la acción terapéutica junto a la composición química.

### 1) AGUAS SULFUROSAS

sódicas

calcicas

antirreumáticas  
antialérgicas  
desintoxicantes  
antiflogísticas

2) AGUAS CLORURADAS	[ sulfocloruradas yodatadas sódicas	[ metabólicos anticatarrales anti-inflamatorias
3) AGUAS SULFATADAS	[ sódicas magnésicas	[ colagogas purgantes
4) AGUAS BICARBONATADAS	[ carbogaseosas sódicas	[ antidisépticas antisépticas anticongestivas
5) AGUAS CALCICAS	[ bicarbonatadas sulfatadas	[ antialérgicas sedantes anti-inflamatorias
6) AGUAS FERRUGINOSAS		[ antianémicas reconstituyentes
7) AGUAS OLIGOMETALICAS	[ calientes frías	[ estimulantes del catabolismo diuréticas
8) AGUAS RADIATIVAS	[ nitrogenadas no nitrogenadas	[ equilibradoras sedantes anticatarrales

II Otra clasificación que considero apropiada mencionar es la alemana, donde toman en cuenta las características fisicoquímicas de las aguas:

1) ALCALINAS  
TERREAS

2) CLORURADAS

[ sódicas cálcicas
-----------------------

3) SULFATADAS

clorídicas  
magnésicas  
mixtas

4) FERRUGINOSAS

5) ARSENICALES

6) SULFUROSAS

7) YODATADAS

8) RADIATIVAS

9) CARBOGASEOSAS

10) TERMALES

Agregando un poco a estas clasificaciones, podremos mencionar lo que, recientemente, DEBRAY, BESANCON, GIBERTON y CORNET, de la cátedra de Hidrología de París, han estudiado. - Han considerado que la acción de las aguas depende de la forma en que sean utilizadas, y así clasifican el uso de las aguas en: CRENOTERAPIA EXTERNA, donde incluyen tratamientos por contacto en dermatopatías, afecciones del aparato digestivo, respiratorio, ginecopatías, etc., y CRENOTERAPIA INTERNA, con efectos sobre órganos profundos como huesos, articulaciones, vasos, sistema nervioso, etc.

La CURA EN BEBIDA es importante en afecciones hepatobiliares, patología gástrica e intestinal, renal y urinaria, alteraciones de la nutrición, etc.

#### c).- ANALISIS QUIMICOS DE LAS AGUAS HIDALGUENSES

Sin duda que el proceso de analizar químicamente las aguas geomedicinales es lo que viene a reafirmar su valor curativo ya que depende del mineral o elemento que contenga, así como a la proporción en que este se encuentre, para poderse clasificar y recomendar para ciertas enfermedades. Aunque la clínica deberá decir



la última palabra.

De los veintiseis manantiales de agua termal que localicé, traje dieciocho muestras, y de los 61 manantiales de agua fría, traje sólo 6 de ellas, ya que requeriría demasiado tiempo el conocer los resultados de los demás. Debo añadir que por dificultades que se presentaron al hacer el recorrido por el estado, no se tomaron las temperaturas de todos los manantiales que estoy considerando como fríos, y por tal motivo de entre los mencionados deben haber algunos hipotermales. Tampoco se localizaron todos los que deben existir en el estado.

A continuación presento las veinticuatro muestras con sus respectivos análisis químicos. Dichos análisis fueron realizados en el Instituto de Geología de la UNAM, por la destacada química Esperanza Schoeder y el químico Angel Rodríguez. A ellos agradezco este trabajo, pero muy en especial al Instituto de Geología, quien guarda una estrecha relación con el Instituto de Geografía y con muchos de los maestros del colegio de Geografía de la UNAM.

De acuerdo a la composición química de las muestras, se concluye especificando al tipo de agua al que pertenecen las veinticuatro muestras.

MUESTRA N° 1 AJACUBA

Conductividad 2700 micromhos /cm

pH: 7.4

Dureza como  $\text{CaCO}_3$ : 837.76 mg/l

Sólidos disueltos : 2280 mg/l

Fluor ( F )	4.28 mg/l
Cloro ( Cl )	146.08
Sulfúrico ( $\text{SO}_4$ )	725.00
Nítrico ( $\text{NO}_3$ )	2.45
Carbónico ( $\text{CO}_3$ )	0.00
Bicarbonato ( $\text{HCO}_3$ )	1831.65
Sodio ( Na )	354.00
Potasio ( K )	38.00
Calcio ( Ca )	247.52
Magnesio ( Mg )	53.19
Oxido férrico ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ )	0.02
Sílice ( $\text{SiO}_2$ )	35.00

Agrupación hipotética de los constituyentes anteriores.

Nitrato de sodio ( $\text{NaNO}_3$ )	3.33 mg/l
Fluoruro de sodio ( NaF )	9.96
Cloruro de potasio ( KCl )	72.50
Cloruro de sodio ( NaCl )	183.88
Sulfato de sodio ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ )	850.86
Sulfato de magnesio ( $\text{MgSO}_4$ )	187.70
Bicarbonato de magnesio ( $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ )	91.99
Bicarbonato de calcio ( $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ )	1002.46

Según su composición química, se consideran aguas con pH alcalino : BICARBONATADO - CALCÍCAS - MAGNÉSICAS y con exceso de fluor.

MUESTRA N° 5 BOSHI

Conductividad 310 micromhos/ cm

pH : 7.6

Dureza como  $\text{CaCO}_3$  : 95.2 mg/l

Sólidos disueltos : 316 mg/l

---

Fluor (F) -----	0.73 mg/l
Cloro (Cl) -----	14.61
Sulfúrico ( $\text{SO}_4$ ) -----	11.50
Nítrico ( $\text{NO}_3$ ) -----	14.17
Carbónico ( $\text{CO}_3$ ) -----	0.00
Bicarbonato ( $\text{HCO}_3$ ) -----	207.98
Sodio ( Na ) -----	50.00
Potasio ( K ) -----	9.50
Calcio ( Ca ) -----	19.04
Magnesio ( Mg ) -----	11.66
Oxido férrico ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) -----	0.10
Sílice ( $\text{SiO}_2$ ) -----	72.00

Agrupación hipotética de los constituyentes anteriores.

Nitrato de sodio ( $\text{NaNO}_3$ ) -----	19.43 mg/l
Fluoruro de sodio ( NaF ) -----	1.61
Cloruro de potasio ( KCl ) -----	18.13
Cloruro de sodio ( NaCl ) -----	9.86
Sulfato de sodio ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) -----	17.01
Bicarbonato de sodio ( $\text{NaHCO}_3$ ) -----	125.81
Bicarbonato de magnesio ( $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ ) -----	70.16
Bicarbonato de calcio ( $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ ) -----	77.11

---

Según su composición química se consideran aguas de fuerte ALCALINIDAD .

MUESTRA N°6 LA CANTERA

Conductividad 3200 micromhos/cm

pH : 7.7

Dureza como  $\text{CaCO}_3$  : 1952 mg/l

Sólidos disueltos: 3180 mg/l

---

Fluor ( F ) -----	3.35 mg/l
Cloro ( Cl ) -----	102.25
Sulfúrico ( $\text{SO}_4$ ) -----	1930.05
Nítrico ( $\text{NO}_3$ ) -----	trazas
Carbónico ( $\text{CO}_3$ ) -----	0.00
Bicarbonato ( $\text{HCO}_3$ ) -----	327.35
Sodio ( Na ) -----	200.00
Potasio ( K ) -----	32.00
Calcio ( Ca ) -----	577.39
Magnesio ( Mg ) -----	124.50
Oxido férrico ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) -----	trazas
Sílice ( $\text{SiO}_2$ ) -----	39.00

Agrupación hipotética de los constituyentes anteriores.

Fluoruro de sodio ( NaF ) -----	7.40 mg/l
Cloruro de potasio ( KCl ) -----	120.62
Cloruro de sodio ( NaCl ) -----	458.48
Sulfato de magnesio ( $\text{MgSO}_4$ ) -----	616.27
Sulfato de calcio ( $\text{CaSO}_4$ ) -----	1598.39
Bicarbonato de calcio ( $\text{Ca} ( \text{HCO}_3 )_2$ ) -----	434.68

---

Según su composición química se consideran aguas ALCA - LINAS: SULFATADO - CALCICAS. Exceso de fluor.

MUESTRA N°7 LA CARRETA

Conductividad 2400 micromhos / cm

pH : 7.55

Dureza como  $\text{CaCO}_3$  : 770.36 mg/l

Sólidos disueltos: 1980 mg/l

---

Fluor ( F ) -----	2.79 mg/ l
Cloro ( Cl ) -----	157.03
Sulfúrico ( $\text{SO}_4$ ) -----	725.00
Nítrico ( $\text{NO}_3$ ) -----	43.12
Carbónico ( $\text{CO}_3$ ) -----	0.00
Bicarbonato ( $\text{HCO}_3$ ) -----	716.66
Sodio ( Na ) -----	354.00
Potasio ( K ) -----	42.00
Calcio ( Ca ) -----	210.12
Magnesio ( Mg ) -----	59.55
Oxido férrico ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) -----	0.02
Sílice ( $\text{Si O}_2$ ) -----	12.00

Agrupación hipotética de los constituyentes anteriores.

Nitrato de sodio ( $\text{Na NO}_3$ ) -----	59.12 mg/l
Fluoruro de sodio ( $\text{NaF}$ ) -----	6.17
Cloruro de potasio ( $\text{KCl}$ ) -----	80.14
Cloruro de sodio ( $\text{NaCl}$ ) -----	195.93
Sulfato de sodio ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) -----	795.15
Sulfato de magnesio ( $\text{MgSO}_4$ ) -----	231.87
Bicarbonato de magnesio ( $\text{Mg (HCO}_3)_2$ ) -----	90.96
Bicarbonato de calcio ( $\text{Ca (HCO}_3)_2$ ) -----	850.93

---

Según su composición química se consideran aguas ALCA - LINAS : BICARBONATADAS - CALCICOMAGNESICAS. Con abundancia de sulfato de sodio y fluor ( excesivo en este caso ).

MUESTRA N°8 CHICHIMEQUILLAS

pH : 8.3

Sólidos disueltos 245 mg/l

Carbónico ( $\text{CO}_3$ ) -----	0.00 mg/l
Bicarbonato ( $\text{HCO}_3$ ) -----	160.77
Cloro ( Cl ) -----	17.00
Nítrico ( $\text{NO}_3$ ) -----	2.11
Sulfúrico ( $\text{SO}_4$ ) -----	8.00
Fluor ( F ) -----	0.50
Sodio ( Na ) -----	8.54
Potasio ( K ) -----	4.58
Calcio ( Ca ) -----	31.46
Magnesio ( Mg ) -----	9.12
Hierro ( Fe ) -----	9.02
Aluminio ( Al ) -----	0.98
Sílice ( $\text{SiO}_2$ ) -----	72.50

Agrupación hipotética de los constituyentes anteriores.

Cloruro de potasio ( KCl ) -----	10.33 mg/l
Cloruro de sodio ( NaCl ) -----	19.86
Nitrato de sodio ( Na $\text{NO}_3$ ) -----	2.55
Sulfato de sodio ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) -----	12.07
Bicarbonato de sodio ( Na $\text{HCO}_3$ ) -----	25.19
Bicarbonato de magnesio ( Mg( $\text{HCO}_3$ ) <sub>2</sub> ) -----	54.86
Bicarbonato de calcio ( Ca( $\text{HCO}_3$ ) <sub>2</sub> ) -----	127.17
Fluoruro de calcio ( $\text{CaF}_2$ ) -----	0.78

Según su composición química se consideran aguas: de baja AL CALINIDAD: BICARBONATADAS-CALCIOO-MAGNESICAS de baja mineralización .

MUESTRA N ° 9 DIOS PADRE

pH : 8.25

Sólidos disueltos 530 mg/l

---

Carbónico ( $\text{CO}_3$ ) -----	7.18 mg/l
Bicarbonato ( $\text{HCO}_3$ ) -----	285.00
Cloro ( Cl ) -----	63.00
Nítrico ( $\text{NO}_3$ ) -----	9.71
Sulfúrico ( $\text{SO}_4$ ) -----	99.00
Fluor ( F ) -----	0.45
Sodio ( Na ) -----	92.74
Potasio ( K ) -----	8.30
Calcio ( Ca ) -----	67.53
Magnesio ( $\text{Mg}$ ) -----	10.21
Fierro ( Fe ) -----	0.00
Aluminio ( Al ) -----	1.00
Sílice ( $\text{SiO}_2$ ) -----	28.50

Agrupación hipotética de los constituyentes anteriores.

Nitrato de sodio ( $\text{NaNO}_3$ ) -----	13.60 mg/l
Cloruro de potasio ( KCl ) -----	16.69
Cloruro de sodio ( NaCl ) -----	91.16
Sulfato de sodio ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) -----	146.30
Carbonato de sodio ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) -----	12.18
Bicarbonato de sodio ( $\text{NaHCO}_3$ ) -----	26.03
Bicarbonato de magnesio ( $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ ) -----	61.44
Bicarbonato de calcio ( $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ ) -----	272.97
Fluoruro de calcio ( $\text{CaF}_2$ ) -----	0.78

---

Según su composición química, se consideran agua: ALCALINAS : BICARBONATADO- CALCICAS-MAGNESICAS y SULFATADO - SODICAS. Con fluoruro de calcio en cantidad conveniente.

MUESTRA N.º 10 EJIDAL

Conductividad 2600 micromhos/cm

pH : 7.3

Dureza como CaCO<sub>3</sub>: 837.76 mg/l

Sólidos disueltos: 2190 mg/l

Fluor ( F ) -----	0.98 mg/l
Cloro ( Cl ) -----	136.77
Sulfúrico ( SO <sub>4</sub> ) -----	705.28
Nítrico ( NO <sub>3</sub> ) -----	8.41
Carbónico ( CO <sub>3</sub> ) -----	0.00
Bicarbonato ( HCO <sub>3</sub> ) -----	943.84
Sodio ( Na ) -----	380.00
Potasio ( K ) -----	36.40
Calcio ( Ca ) -----	247.52
Magnesio ( Mg ) -----	53.19
Oxido férrico ( Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) -----	0.05
Sílice ( SiO <sub>2</sub> ) -----	40.50

Agrupación hipotética de los constituyentes anteriores.

Nitrato de sodio ( NaNO <sub>3</sub> ) -----	11.53 mg/l
Fluoruro de sodio ( NaF ) -----	2.17
Cloruro de potasio ( KCl ) -----	69.45
Cloruro de sodio ( NaCl ) -----	170.93
Sulfato de sodio ( Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ) -----	952.28
Sulfato de magnesio ( MgSO <sub>4</sub> ) -----	77.04
Bicarbonato de magnesio ( Mg (HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ) -----	226.53
Bicarbonato de calcio ( Ca (HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ) -----	1002.46

Según su composición química se consideran aguas ALCALINAS: BICARBONATADAS-CALCICAS-MAGNESICAS y SULFATADO-SODICAS conveniente en fluoruro, aunque lindando con el límite superior.



MUESTRA N° 11 HUMEDADES

pH : 8.3

Sólidos disueltos 710 mg/l

---

Carbónico ( $\text{CO}_3$ ) -----	21.54 mg/l
Bicarbonato ( $\text{HCO}_3$ ) -----	321.54
Cloro ( Cl ) -----	101.00
Nítrico ( $\text{NO}_3$ ) -----	16.96
Sulfúrico ( $\text{SO}_4$ ) -----	125.00
Fluor ( F ) -----	0.45
Calcio ( Ca ) -----	67.63
Magnesio ( Mg ) -----	27.22
Fierro ( Fe ) -----	0.26
Aluminio ( Al ) -----	5.94
Sílice ( $\text{SiO}_2$ ) -----	45.00

Agrupación hipotética de los constituyentes anteriores.

Nitrato de sodio ( $\text{NaNO}_3$ ) -----	22.95 mg/l
Cloruro de potasio ( KCl ) -----	24.64
Cloruro de sodio ( NaCl ) -----	147.87
Sulfato de sodio ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) -----	184.65
Carbonato de sodio ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) -----	18.54
Carbonato de magnesio ( $\text{MgCO}_3$ ) -----	15.17
Bicarbonato de magnesio ( $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ ) -----	137.52
Bicarbonato de calcio ( $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ ) -----	273.78
Fluoruro de calcio ( $\text{CaF}_2$ ) -----	0.78

---

Según su composición química, se consideran, aguas de -  
fuerte ALCALINIDAD: CLORURADO - SODICAS.

MUESTRA N ° 13 MAGUEY BLANCO

pH : 8.5

Sólidos disueltos 797 mg/l

---

Carbónico (CO <sub>3</sub> ) -----	28.72 mg/l
Bicarbonato (HCO <sub>3</sub> ) -----	348.46
Cloro (Cl) -----	98.50
Nítrico (NO <sub>3</sub> ) -----	20.86
Sulfúrico (SO <sub>4</sub> ) -----	142.00
Fluor (F) -----	0.40
Sodio (Na) -----	146.16
Potasio (K) -----	16.60
Calcio (Ca) -----	88.17
Magnesio (Mg) -----	18.59
Hierro (Fe) -----	0.02
Aluminio (Al) -----	11.98
Sílice (SiO <sub>2</sub> ) -----	54.00

Agrupación hipotética de los constituyentes anteriores

Cloruro de potasio (KCl) -----	33.39 mg/l
Nitrato de sodio (NaNO <sub>3</sub> ) -----	28.90
Cloruro de sodio (NaCl) -----	137.91
Sulfato de sodio (Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ) -----	36.56
Carbonato de magnesio (MgCO <sub>3</sub> ) -----	11.38
Bicarbonato de magnesio (Mg(HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ) -----	92.16
Bicarbonato de calcio (Ca(HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ) -----	353.97
Fluoruro de Calcio (CaF <sub>2</sub> ) -----	1.17

---

Según su composición química, se consideran aguas de fuerte ALCA LINIDAD; BICARBONATADAS - CALCICAS y SULFATADAS - SODICAS.

MUESTRA N ° 16 PATHECITO

pH : 7.16

Sólidos disueltos 242 mg/l

---

Carbónico ( $\text{CO}_3$ ) -----	0.00 mg/l
Bicarbonato ( $\text{HCO}_3$ ) -----	175.30
Cloro ( Cl ) -----	15.00
Nítrico ( $\text{NO}_3$ ) -----	2.42
Sulfúrico ( $\text{SO}_4$ ) -----	5.00
Fluor ( F ) -----	0.55
Sodio ( Na ) -----	18.54
Potasio ( K ) -----	4.98
Calcio ( Ca ) -----	21.76
Magnesio ( Mg ) -----	9.36
Hierro ( Fe ) -----	.06
Aluminio ( Al ) -----	0.94
Sílice ( $\text{SiO}_2$ ) -----	77.00

Agrupación hipotética de los constituyentes anteriores.

Cloruro de potasio ( KCl ) -----	10.33 mg/l
Cloruro de sodio ( NaCl ) -----	16.94
Nitrato de sodio ( $\text{NaNO}_3$ ) -----	2.55
Sulfato de sodio ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) -----	7.10
Bicarbonato de sodio ( $\text{NaHCO}_3$ ) -----	26.03
Bicarbonato de magnesio ( $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ ) -----	56.32
Bicarbonato de calcio ( $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ ) -----	139.32
Fluoruro de calcio ( $\text{CaF}_2$ ) -----	1.18

---

Según su composición química, se consideran aguas de baja ALCALINIDAD: BICARBONATADA - CALCICA - MAGNESICA. Con contenido conveniente de fluoruro de calcio y bajo de bicarbonato de sodio.

MUESTRA N ° 17 SANTA MARIA AMAJAC

pH : 7.90

Sólidos disueltos 2341 mg/l

---

Carbónico (CO <sub>3</sub> ) -----	0.00 mg/l
Bicarbonato (HCO <sub>3</sub> ) -----	285.00
Cloro (Cl) -----	22.00
Nítrico (NO <sub>3</sub> ) -----	4.84
Sulfúrico (SO <sub>4</sub> ) -----	1419.00
Fluor (F) -----	0.80
Sodio (Na) -----	126.12
Potasio (K) -----	5.01
Calcio (Ca) -----	554.30
Magnesio (Mg) -----	19.57
Fierro (Fe) -----	0.01
Aluminio (Al) -----	1.99
Sílice (SiO <sub>2</sub> ) -----	45.50

Agrupación hipotética de los constituyentes anteriores.

Cloruro de potasio (KCl) -----	10.33 mg/l
Cloruro de sodio (NaCl) -----	28.63
Nitrato de sodio (NaNO <sub>3</sub> ) -----	7.65
Sulfato de sodio (NaSO <sub>4</sub> ) -----	354.38
Sulfato de magnesio (MgSO <sub>4</sub> ) -----	96.90
Sulfato de calcio (CaSO <sub>4</sub> ) -----	1561.55
Bicarbonato de calcio (Ca(HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ) -----	378.27
Fluoruro de calcio (CaF <sub>2</sub> ) -----	1.56

---

Según su composición química, se consideran aguas de alta MINERALIZACIÓN, ALCALINAS, BICARBONATADAS, SULFATADO-CALCICAS Y SULFATADO - SODICAS.

MUESTRA N ° 18 TAHIDHO

pH : 8.5

Sólidos disueltos 277 mg/l

---

Carbónico ( $\text{CO}_3$ ) -----	7.18 mg/l
Bicarbonato ( $\text{HCO}_3$ ) -----	175.38
Cloro ( Cl ) -----	18.00
Nitrato ( $\text{NO}_3$ ) -----	5.50
Sulfúrico ( $\text{SO}_4$ ) -----	12.00
Fluor ( F ) -----	0.80
Sodio ( Na ) -----	18.54
Potasio ( K ) -----	4.98
Calcio ( Ca ) -----	56.31
Magnesio ( Mg ) -----	2.79
Fierro ( Fe ) -----	0.02
Aluminio ( Al ) -----	9.98
Sílice ( $\text{SiO}_2$ ) -----	63.00

Agrupación hipotética de los constituyentes anteriores.

Cloruro de potasio ( KCl ) -----	10.33 mg/l
Cloruro de sodio ( NaCl ) -----	21.62
Nitrato de sodio ( $\text{NaNO}_3$ ) -----	7.65
Sulfato de sodio ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) -----	17.75
Carbonato de sodio ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) -----	5.29
Carbonato de magnesio ( $\text{MgCO}_3$ ) -----	5.48
Bicarbonato de magnesio ( $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ ) -----	7.31
Bicarbonato de calcio ( $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ ) -----	224.37
Fluoruro de calcio ( $\text{CaF}_2$ ) -----	1.56

---

Según su composición química se consideran aguas fuertemente ALCALINAS; con FLUORURO de CALCIO en condiciones - adecuadas.

MUESTRA N °19 TEPHE

pH : 8.4

Sólidos disueltos 779 mg/l

---

Carbónico ( $\text{CO}_3$ ) -----	0.88 mg/l
Bicarbonato ( $\text{HCO}_3$ ) -----	423.87
Cloro ( Cl ) -----	116.00
Nítrico ( $\text{NO}_3$ ) -----	0.37
Sulfúrico ( $\text{SO}_4$ ) -----	127.00
Fluor ( F ) -----	0.45
Sodio ( Na ) -----	140.96
Potasio ( K ) -----	19.92
Calcio ( Ca ) -----	97.79
Magnesio ( Mg ) -----	21.02
Fierro ( Fe ) -----	0.02
Aluminio ( Al ) -----	0.98
Sílice ( $\text{SiO}_2$ ) -----	43.00

Agrupación hipotética de los constituyentes anteriores.

Cloruro de potasio ( KCl ) -----	40.54 mg/l
Cloruro de sodio ( NaCl ) -----	161.20
Nitrato de sodio ( $\text{NaNO}_3$ ) -----	31.45
Sulfato de sodio ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) -----	187.49
Bicarbonato de sodio ( $\text{NaHCO}_3$ ) -----	60.00
Bicarbonato de magnesio ( $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ ) -----	125.54
Bicarbonato de calcio ( $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ ) -----	363.69
Fluoruro de calcio ( $\text{CaF}_2$ ) -----	0.78

---

Según su composición química se consideran aguas de baja MINERALIZACION, ALCALINAS: BICARBONATADAS, CALCIO - CAS, MAGNESICAS y SULFATADO-SODICAS.

MUESTRA N ° 20 TEZONTEPEC

pH : 7.6

Dureza como  $\text{CaCO}_3$ : 514.08 mg/l

Sólidos disueltos: 936 mg/l

---

Fluor ( F ) -----	0.98 mg/l
Cloro ( Cl ) -----	58.43
Sulfúrico ( $\text{SO}_4$ ) -----	376.12
Nítrico ( $\text{NO}_3$ ) -----	2.43
Carbónico ( $\text{CO}_3$ ) -----	0.00
Bicarbonato ( $\text{HCO}_3$ ) -----	319.58
Sodio ( Na ) -----	98.00
Potasio ( K ) -----	13.80
Calcio ( Ca ) -----	159.93
Magnesio ( Mg ) -----	27.75
Oxido férrico ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) -----	0.10
Sílice ( $\text{SiO}_2$ ) -----	35.50

Agrupación hipotética de los constituyentes anteriores.

Nitrato de sodio ( $\text{NaNO}_3$ ) -----	3.33 mg/l
Fluoruro de sodio ( $\text{NaF}$ ) -----	2.17
Cloruro de potasio ( $\text{KCl}$ ) -----	26.33
Cloruro de sodio ( $\text{NaCl}$ ) -----	75.64
Sulfato de sodio ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) -----	200.30
Sulfato de magnesio ( $\text{MgSO}_4$ ) -----	137.36
Sulfato de calcio ( $\text{CaSO}_4$ ) -----	187.53
Bicarbonato de calcio ( $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ ) -----	424.30

---

Según su composición química se consideran aguas ALCALINAS: BICARBONATADAS, CALCICAS, MAGNESICAS, SULFATADAS SODICAS y CON FLUORURO DE SODIO aceptable.

MUESTRA N ° 21 TLACOTLAPILCO

pH : 8.3

Sólidos disueltos 786 mg/l

---

Nitrato ( $\text{NO}_3$ ) -----	7.28 mg/l
Cloro ( Cl ) -----	67.00
Sulfúrico ( $\text{SO}_4$ ) -----	129.00
Carbónico ( $\text{CO}_3$ ) -----	28.72
Bicarbonato ( $\text{HCO}_3$ ) -----	306.92
Fluor ( F ) -----	0.60
Potasio ( K ) -----	25.63
Sodio ( Na ) -----	118.76
Magnesio ( Mg ) -----	16.78
Calcio ( Ca ) -----	70.14
Fierro ( Fe ) -----	0.05
Aluminio ( Al ) -----	1.95
Sílice ( $\text{SiO}_2$ ) -----	113.50

Agrupación hipotética de los constituyentes anteriores.

Cloruro de potasio ( $\text{KCl}$ ) -----	52.47 mg/l
Cloruro de sodio ( $\text{NaCl}$ ) -----	71.29
Nitrato de sodio ( $\text{NaNO}_3$ ) -----	9.35
Sulfato de sodio ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) -----	190.00
Carbonato de sodio ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) -----	50.87
Bicarbonato de sodio ( $\text{NaHCO}_3$ ) -----	15.95
Bicarbonato de magnesio ( $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ ) -----	100.94
Bicarbonato de calcio ( $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ ) -----	280.26
Fluoruro de calcio ( $\text{CaF}_2$ ) -----	1.17

---

Según su composición se consideran aguas medio minerales, ALCALINAS: el SULFATO SODICO . Es conveniente así como el fluoruro de calcio.



MUESTRA N ° 23 TONALTONGO

pH : 7.9

Sólidos disueltos 599 mg/l

---

Carbónico ( $\text{CO}_3$ ) -----	0.00 mg/l
Bicarbonato ( $\text{HCO}_3$ ) -----	380.00
Cloro ( Cl ) -----	54.00
Nítrico ( $\text{NO}_3$ ) -----	9.71
Sulfúrico ( $\text{SO}_4$ ) -----	100.00
Fluor ( F ) -----	0.45
Sodio ( Na ) -----	84.52
Potasio ( K ) -----	8.40
Calcio ( Ca ) -----	83.36
Magnesio ( Mg ) -----	22.86
Fierro ( Fe ) -----	0.06
Aluminio ( Al ) -----	2.94
Sílice ( $\text{SiO}_2$ ) -----	43.50

Agrupación hipotética de los constituyentes anteriores.

Cloruro de potasio ( KCl ) -----	18.28 mg/l
Cloruro de sodio ( NaCl ) -----	75.38
Nitrato de sodio ( $\text{NaNO}_3$ ) -----	8.50
Sulfato de sodio ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) -----	147.72
Bicarbonato de sodio ( $\text{NaHCO}_3$ ) -----	16.79
Bicarbonato de magnesio ( $\text{Mg} ( \text{HCO}_3 )_2$ ) -----	137.52
Bicarbonato de calcio ( $\text{Ca} ( \text{HCO}_3 )_2$ ) -----	335.34
Fluoruro de calcio ( $\text{CaF}_2$ ) -----	0.78

---

Según su composición química se consideran aguas ALCALI  
NAS, medio minerales.

MUESTRA N ° 24 TZINDEJEH

pH : 8.5

Sólidos disueltos 587 mg/l

---

Carbónico ( $\text{CO}_3$ ) -----	14.70 mg/l
Bicarbonato ( $\text{HCO}_3$ ) -----	217.92
Cloro ( $\text{Cl}$ ) -----	63.00
Nítrico ( $\text{NO}_3$ ) -----	4.80
Sulfúrico ( $\text{SO}_4$ ) -----	124.00
Fluor ( $\text{F}$ ) -----	0.45
Sodio ( $\text{Na}$ ) -----	84.52
Potasio ( $\text{K}$ ) -----	11.62
Calcio ( $\text{Ca}$ ) -----	59.31
Magnesio ( $\text{Mg}$ ) -----	17.38
Fierro ( $\text{Fe}$ ) -----	0.00
Aluminio ( $\text{Al}$ ) -----	7.00
Sílice ( $\text{SiO}_2$ ) -----	91.50

Agrupación hipotética de los constituyentes anteriores.

Nitrato de sodio ( $\text{NaNO}_3$ ) -----	5.95 mg/l
Cloruro de potasio ( $\text{KCl}$ ) -----	23.05
Cloruro de sodio ( $\text{NaCl}$ ) -----	86.49
Sulfato de sodio ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) -----	150.56
Sulfato de magnesio ( $\text{MgSO}_4$ ) -----	25.88
Carbonato de magnesio ( $\text{MgCO}_3$ ) -----	19.81
Bicarbonato de magnesio ( $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ ) -----	38.76
Bicarbonato de calcio ( $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ ) -----	238.14
Fluoruro de calcio ( $\text{CaF}$ ) -----	9.78

---

Según su composición química se consideran aguas de baja mineralización, ALCALINAS: BICARBONATADO-CALCICAS - MAGNESICAS y SULFATADO-SODICAS.

MUESTRA N ° 25 VITO

pH : 7.80

Sólidos disueltos 2730 mg/l

---

Carbónico ( $\text{CO}_3$ ) -----	0.00 mg/l
Bicarbonato ( $\text{HCO}_3$ ) -----	628.47
Cloro ( $\text{Cl}$ ) -----	199.00
Nítrico ( $\text{NO}_3$ ) -----	15.68
Sulfúrico ( $\text{SO}_4$ ) -----	1239.00
Fluor ( F ) -----	0.52
Sodio ( Na ) -----	348.70
Potasio ( K ) -----	54.79
Calcio ( Ca ) -----	484.16
Magnesio ( Mg ) -----	15.44
Fierro ( Fe ) -----	0.06
Aluminio ( Al ) -----	1.40
Sílice ( $\text{SiO}_2$ ) -----	58.00

Agrupación hipotética de los constituyentes anteriores.

Cloruro de potasio ( $\text{KCl}$ ) -----	111.30 mg/l
Cloruro de sodio ( $\text{NaCl}$ ) -----	246.03
Nitrato de sodio ( $\text{Na}_2\text{SO}_3$ ) -----	21.25
Sulfato de sodio ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) -----	777.66
Sulfato de magnesio ( $\text{MgSO}_4$ ) -----	76.44
Sulfato de calcio ( $\text{CaSO}_4$ ) -----	926.70
Bicarbonato de calcio ( $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ ) -----	834.30
Fluoruro de calcio ( $\text{CaF}_2$ ) -----	0.78

---

Según su composición química se consideran aguas fuertemente mineralizadas ALCALINAS, SULFATADO-CALCICAS.

MUESTRA N ° 27 EL MOLINO

pH : 7.9

Sólidos disueltos 375 mg/l

---

Carbónico ( $\text{CO}_3$ ) -----	0.00 mg/l
Bicarbonato ( $\text{HCO}_3$ ) -----	149.80
Cloro ( Cl ) -----	24.00
Nítrico ( $\text{NO}_3$ ) -----	43.71
Sulfúrico ( $\text{SO}_4$ ) -----	27.00
Fluor ( F ) -----	31.53
Potasio ( K ) -----	10.27
Calcio ( Ca ) -----	51.70
Magnesio ( Mg ) -----	2.43
Fierro ( Fe ) -----	0.02
Aluminio ( Al ) -----	18.98
Sílice ( $\text{SiO}_2$ ) -----	90.50

Agrupación hipotética de los constituyentes anteriores.

Cloruro de potasio ( KCl ) -----	20.67 mg/l
Cloruro de sodio ( NaCl ) -----	23.96
Nitrato de sodio ( Na $\text{NO}_3$ ) -----	59.50
Sulfato de sodio ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) -----	17.75
Sulfato de magnesio ( $\text{MgSO}_4$ ) -----	12.03
Sulfato de calcio ( $\text{CaSO}_4$ ) -----	7.50
Bicarbonato de calcio ( $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ ) -----	198.45
Fluoruro de calcio ( $\text{CaF}_2$ ) -----	0.78

---

Según su composición química, se consideran aguas ALCALINAS.

MUESTRA N ° 33 SALITRE

pH : 7 . 1

Dureza como  $\text{CaCO}_3$  : 218.96 mg/l

Sólidos disueltos : 324 mg/l

---

Fluor ( F ) -----	0.68 mg/l
Cloro ( Cl ) -----	10.95
Sulfúrico ( $\text{SO}_4$ ) -----	37.81
Nítrico ( $\text{NO}_3$ ) -----	3.54
Carbónico ( $\text{CO}_3$ ) -----	0.00
Bicarbonato ( $\text{HCO}_3$ ) -----	272.38
Sodio ( Na ) -----	18.00
Potasio ( K ) -----	5.00
Calcio ( Ca ) -----	51.40
Magnesio ( Mg ) -----	26.59
Oxido férrico ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) -----	trazas
Sílice ( $\text{SiO}_2$ ) -----	42.00

Agrupación hipotética de los constituyentes anteriores.

Nitrato de sodio ( $\text{NaNO}_3$ ) -----	4.85 mg/l
Fluoruro de sodio ( NaF ) -----	1.50
Cloruro de potasio ( KCl ) -----	9.54
Cloruro de sodio ( NaCl ) -----	10.56
Sulfato de sodio ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) -----	35.48
Sulfato de magnesio ( $\text{MgSO}_4$ ) -----	17.61
Bicarbonato de magnesio ( $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ ) -----	138.64
Bicarbonato de calcio ( $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ ) -----	208.17

---

Según su composición química se consideran aguas de baja mineralización con buen contenido de fluoruro de sodio son : AL - CALINAS BICARBONATADAS, CALCICAS MAGNESICAS y pH. neutro.

MUESTRA N ° 50 EL CHOTE

pH : 7.4

Dureza como  $\text{CaCO}_3$  : 266.56 mg/l

Sólidos disueltos: 326.00 mg/l

---

Fluor ( F ) -----	0.68 mg/l
Cloro ( Cl ) -----	10.95
Sulfúrico ( $\text{SO}_4$ ) -----	6.57
Nítrico ( $\text{NO}_3$ ) -----	7.97
Carbónico ( $\text{CO}_3$ ) -----	0.00
Bicarbonato ( $\text{HCO}_3$ ) -----	317.03
Sodio ( Na ) -----	11.00
Potasio ( K ) -----	0.00
Calcio ( Ca ) -----	99.00
Magnesio ( Mg ) -----	4.62
Oxido férrico ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) -----	trazas
Sílice ( $\text{SiO}_2$ ) -----	21.00

Agrupación hipotética de los constituyentes anteriores.

Nítrico de sodio ( $\text{NaNO}_3$ ) -----	10.93 mg/l
Fluoruro de sodio ( $\text{NaF}$ ) -----	1.50
Cloruro de sodio ( $\text{NaCl}$ ) -----	18.06
Sulfato de sodio ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) -----	0.33
Sulfato de magnesio ( $\text{MgSO}_4$ ) -----	7.76
Bicarbonato de magnesio ( $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ ) -----	18.12
Bicarbonato de calcio ( $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ ) -----	400.95

---

Según su composición química, se consideran aguas: AL - CALINAS BICARBONATADAS, CALCICAS-MAGNESICAS.

MUESTRA N° 11 a) CHACA

pH: 7.5

Dureza como  $\text{CaCO}_3$  : 352.24 mg/l

Sólidos disueltos : 430 mg / l

---

Fluor ( F ) -----	0.70 mg/l
Cloro ( Cl ) -----	29.21
Sulfúrico ( $\text{SO}_4$ ) -----	1.64
Nítrico ( $\text{NO}_3$ ) -----	31.01
Carbónico ( $\text{CO}_3$ ) -----	0.00
Bicarbonato ( $\text{HCO}_3$ ) -----	387.29
Sodio ( Na ) -----	15.00
Potasio ( K ) -----	1.50
Calcio ( Ca ) -----	106.62
Magnesio ( Mg ) -----	20.86
Oxido férrico ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) -----	0.00
Sílice ( $\text{SiO}_2$ ) -----	24.50

Agrupación hipotética de los constituyentes anteriores.

Nitrato de sodio ( $\text{NaNO}_3$ ) -----	42.50
Fluoruro de sodio ( NaF ) -----	1.55
Cloruro de potasio ( KCl ) -----	2.86
Cloruro de sodio ( NaCl ) -----	6.88
Sulfato de magnesio ( $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ ) -----	2.05
Bicarbonato de magnesio ( $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ ) -----	74.47
Bicarbonato de calcio ( $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ ) -----	431.81

---

Según su composición química se consideran aguas ALCALINAS, BICARBONATADAS CALCICAS- MAGNESICAS.

MUESTRA N ° 10 a) XTOCOACAN

pH : 6.9

Dureza como  $\text{CaCO}_3$  333 mg/l

Sólidos disueltos 435.00 mg/l

---

Fluor ( F ) -----	0.35 mg/l
Cloro ( Cl ) -----	10.95
Sulfúrico ( $\text{SO}_4$ ) -----	55.07
Nítrico ( $\text{NO}_3$ ) -----	0.89
Carbónico ( $\text{CO}_3$ ) -----	0.00
Bicarbonato ( $\text{HCO}_3$ ) -----	367.81
Sodio ( Na ) -----	17.00
Potasio ( K ) -----	5.00
Calcio ( Ca ) -----	106.62
Magnesio ( Mg ) -----	16.19
Oxido férrico ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) -----	trazas
Sílice ( $\text{SiO}_2$ ) -----	38.00

Agrupación hipotética de los constituyentes anteriores.

Nitrato de sodio ( $\text{NaNO}_3$ ) -----	1.22 mg/l
Fluoruro de sodio ( NaF ) -----	0.77
Cloruro de potasio ( KCl ) -----	9.54
Cloruro de sodio ( Na Cl ) -----	10.56
Sulfato de sodio ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) -----	36.63
Sulfato de magnesio ( $\text{MgSO}_4$ ) -----	38.14
Bicarbonato de magnesio ( $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ ) -----	51.11
Bicarbonato de calcio ( $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ ) -----	431.81

---

Según su composición química se consideran aguas: ALCALINAS, BICARBONATADAS, de baja mineralización.



MUESTRA N ° 23 a) MEZQUITITLAN

pH : 7.6

Dureza como  $\text{CaCO}_3$  : 95.2 mg/l

Sólidos disueltos: 248 mg/l

---

Fluor ( F ) -----	0.75 mg/l
Cloro ( Cl ) -----	7.31
Sulfúrico ( $\text{SO}_4$ ) -----	9.86
Nítrico ( $\text{NO}_3$ ) -----	5.32
Carbónico ( $\text{CO}_3$ ) -----	0.00
Bicarbonato ( $\text{HCO}_3$ ) -----	150.40
Sodio ( Na ) -----	32.00
Potasio ( K ) -----	5.00
Calcio ( Ca ) -----	34.27
Magnesio ( Mg ) -----	2.31
Oxido férrico ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) -----	0.05
Sílice ( $\text{SiO}_2$ ) -----	60.00

Agrupación hipotética de los constituyentes anteriores.

Nitrato de sodio ( $\text{NaNO}_3$ ) -----	7.66 mg/l
Fluoruro de sodio ( $\text{NaF}$ ) -----	1.97
Cloruro de potasio ( $\text{KCl}$ ) -----	9.54
Cloruro de sodio ( $\text{NaCl}$ ) -----	4.56
Sulfato de sodio ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) -----	14.58
Bicarbonato de sodio ( $\text{NaHCO}_3$ ) -----	47.21
Bicarbonato de magnesio ( $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ ) -----	13.91
Bicarbonato de calcio ( $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ ) -----	138.79

---

Según su composición química se consideran las aguas de baja mineralización, ALCALINAS BICARBONATADAS.

Como se puede observar, los resultados de los análisis químicos de las aguas indican que casi todas son Alcalinas ( de un pH básico, superior a 7 ) predominando las bicarbonatadas-calcicas, magnésicas y las sulfatado-sódicas, no existen aguas sulfurosas como las del estado de Morelos.

El contenido de fierro es casi nulo y en todas las muestras se presenta el sílicio, demostrando así que las aguas tienen un origen magmático. Por lo tanto podemos decir que nuestro país cuenta desde ahora con un nuevo grupo de aguas silicatadas y especialmente con un gran número de aguas alcalinas que se pueden emplear para curar ciertas enfermedades.

#### d).- INDICACIONES Y CONTRAINDICACIONES TERAPÉUTICAS.

Las aguas geomedicinales benefician a todo aquel que las aprovecha moderadamente y bajo un tratamiento específico, puede decirse que no existe ninguna dolencia que no mejore con la aplicación crenoterápica.

Las aguas mineromedicinales por la conexión de conjunto de las perturbaciones orgánicas, resultan muy favorables en múltiples estados patológicos crónicos, respiratorios, circulatorios, del metabolismo etc, el remedio mineral puede ser favorable en los transtornos que se encuentran cercanos a las enfermedades como: dispepsia, albuminurias funcionales, hipertensión neuropática, etc.

También son favorables como complemento de los tratamientos quirúrgicos y para facilitar la recuperación en lesiones traumáticas.

Habiendo mencionado ya que, las aguas geomedicinales del estado de Hidalgo son alcalinas, podemos mencionar en seguida las indicaciones de las mismas según sus propiedades terapéuticas.

De las aguas bicarbonatadas destacamos que contienen un exceso de anhídrido carbónico disuelto y semicombinado al estado de bicarbonatos son de origen profundo y se relacionan con fenómenos volcánicos. Se dividen en bicarbonatadas-sódicas, bicarbonatadas-cálcicas-magnésicas, bicarbonatadas mixtas, bicarbonatadas-sulfatadas y bicarbonatadas-cloruradas.

Ciertamente, las que predominan en el estado de Hidalgo son las bicarbonatadas-cálcicas, magnésicas, cuyas indicaciones son las siguientes: se utilizan como aguas de mesa, por ser de agradable ingestión y mejorar la digestión; son útiles en cuadros dispépticos, hipersecretorios, catarro crónico intestinal, inflamación de vías urinarias, etc.

Las aguas calientes de este grupo se emplean en el tratamiento de procesos reumáticos, neuralgias, dermatopatías, ginecopatías, etc., en la aplicación externa como baños y duchas, etc.

Para administrarse el agua se pueden usar las siguientes técnicas: la cura en bebida se debe practicar en tomas de 100 a 200 c.c., que se ingieren cada 20 a 30 minutos, pudiéndose repetir 2 ó 3 veces por serie. Las horas más aconsejables de cura son en la mañana en ayunas, antes de comer y antes de cenar. La duración del tratamiento debe ser de una a tres semanas. Las aguas bicarbonatadas hipertérmicas o sea las que tienen más de 40° cen-

tígrados de temperatura, se utilizan en baños, duchas, chorros, irrigaciones, inhalaciones, etc.

Los manantiales por ejemplo de estas aguas son: Ajacuba, La carreta, Chichimequillas, Dios Padre, Ejidal, Maguey Blanco, Pathecito, El Tephé, Tezontepec, Tzidejhé, Chaca, Ixtocoacán, Mezquititlán, Salitre y el Chote. También existen aguas sulfatadas-sódicas, cuyas indicaciones son las siguientes: laxantes o purgantes; además del tratamiento del estreñimiento, facilitan, la deshidratación; en casos de edema cerebral, asistolia o hiposistolia, es tasishepática, etc.

En las colecistopatías, colediscinesis, litiasis biliar, etc. pueden usarse estas aguas por sus acciones coleréticas e hidrocoleréticas y colagogas. En los síndromes de intoxicación alimenticia o medicamentosa, las aguas sulfatadas son útiles para facilitar la expulsión de los tóxicos que pudieran mantenerse en el intestino finalmente en aquellos procesos tales como dermatopatías, pruritos, jaquecas, etc.

Las contraindicaciones son, además de las generales de la cura hidromineral que mencionaré después, la grave influencia hepática, ascitis, deficiencias cálcicas, osteomelacia, obstrucción intestinal, apendicitis, peritonitis, etc. Para administrar el agua se puede emplear las siguientes técnicas: se usan principalmente en bebida dependiendo de la dosis a ingerir de la mineralización del agua y del efecto buscado. Las de alta mineralización se tomarán en razón de 100 a 150 c.c. por la mañana en ayunas, cuando se busca efectos purgantes y a la mitad de esa dosis sí se pretenden efectos laxantes.

La administración se hace durante pocos días, las de menor concentración deben ingerirse a dosis más elevadas; como la acción favorable de las aguas se debe a las sales mineralizantes, en muchos establecimientos europeos, se embotellan las aguas y se aíslan las sales mismas. Las aplicaciones locales en forma de baños, etc., no ofrece peculiaridad alguna.

Los manantiales, ejemplo de estas aguas son: La Carreta, Dios Padre, Ejidal, Maguey Blanco, Santa Ma. Amajac, El Tephé, Tezontepec, Tlacotlapilco y Tzindejéh. Existen dos manantiales que también se consideran como aguas sulfatadas-cálcicas, cuyas indicaciones son: en gastritis y dispepsias gastrointestinales, por su acción sedante y protectora de la mucosa.

En las hepatopatías y afecciones de las vías biliares no muy acentuadas, pueden ser favorables así como colecistitis y colelitiasis.

Por su acción diurética, se puede usar para disminuir la acidez de la orina; favorecen también la eliminación del ácido úrico.

Es discutible aún su utilidad en la diabetes, así como en el tratamiento de la obesidad.

Las hipertermales en baños, chorros, etc, encuentran aplicación en afecciones reumáticas, de localización articular, muscular, nerviosa, etc, así como en metritis, salpingitis, ovaritis crónica, etc, .

Las contraindicaciones además de las generales son en las afecciones graves hepáticas, renales o cardíacas. Se aplica en be bi da en dosis diaria de 500 a 750 c.c. que se pueden dividir en do s o tres secciones, siendo más importante la de la mañana en ayunas; la duración de la cura debe ser de unas tres semanas. Ejemplos de estas aguas son: La Cantera, Sta. Ma. Amajac y Vito.

Dentro de las alcalinas, también hay una que se puede considerar clorurado-sódica y sus indicaciones son: en tuberculosis quirúrgicas, afecciones quirúrgicas traumáticas, ginecológicas, infantilismo o constitución hipoplástica ( estado timicolinfático ) , afecciones del aparato respiratorio como rinitis, catarros crónicos de los niños, laringitis, bronquitis crónica, etc., en las que las duchas nasales o inhalaciones pueden ser favorables. En las afecciones digestivas, reaccionan favorablemente en procesos dis pépticos y alteraciones hepatobiliares ; afecciones cutáneas crónicas no exudativas pueden beneficiarse con la aplicación externa.

Las aguas cloruradas de baja mineralización y más si son termales y radiactivas, se pueden usar en la gota crónica en forma de baños.

Las contraindicaciones son en gastritis hipersecretoras, úlceras, colitis, etc., también en los cardiopatas y enfermos renales. Las más frecuentes aplicaciones de estas aguas es en el baño; la duración depende de la temperatura, efecto buscado y estado del sujeto; en los niños se empieza por baños de 5 a 7 minutos, elevándolos hasta 15 minutos.

En los adultos, se inicia por 10 a 15 minutos para llegar a los 20 ó 30 . La hora mas propicia es por la mañana en ayunas en tratamiento diario o alterno; toda la curación debe durar tres semanas.

Ejemplo de esta agua es: Humedades que, por cierto, el Instituto Nacional de Protección a la Infancia aprovecha sus aguas únicamente para alimentación de los poblados cercanos.

En resumen, podríamos decir que las aguas alcalinas están indicadas preferentemente en: artitrismo, neuro-artitrismo, obesidad, diabetes, gota, dispepsia, disnea, espasmos intestinales, colelitiasis, plétora abdominal, colitis mucomembranosas, y, respecto al tratamiento, este puede efectuarse en personas mayores de 3 ó 4 años. La estación del año no influye mucho, aunque se practica generalmente en verano. La duración de la cura debe ajustarse a las necesidades del enfermo, pero suele ser de 2 a 3 semanas. El número de curas, depende de la evolución del proceso, aunque suele repetirse por 3 veces.

Por último los cuidados higiénico-dietético-climáticos del paciente durante la cura y después de la misma ayudan al restablecimiento de la salud. Según las contraindicaciones generales de la cura nos advierten que dado el carácter excitante y estimulante de la misma, no es recomendable el empleo de las aguas en brotes de agudización, ni cuando el estado del enfermo haga peligrosa su utilización, como puede ocurrir en la úlcera gástrica, cirrosis confirmada, cardiopatía descompensada, hipertensión grave, nefritis, diabetes grave, tuberculosis y cáncer.

#### e).- APROVECHAMIENTO DE LAS AGUAS EN LA CREACION DE BALNEARIOS CENTROS DE SALUD Y CAMPAMENTOS ESCOLARES.

Son dos los verdaderos propósitos de este breve estudio: el primero, que la gente aproveche las aguas mineromedicinales en donde ya existe alguna instalación balnearia, para fines terapéuticos. El segundo que donde no existe ninguna instalación balnearia, o si existe es rudimentaria, se puedan construir balnearios, o remodelarlos, para que la gente pueda acudir a ellos con mas interés.

De las muestras analizadas químicamente, todas tienen sus propias indicaciones, así que deben habilitarse los balnearios con todas sus comodidades, especialmente, los manantiales de agua termal, que son los mejores para la cura. Estas instalaciones las pueden llevar a cabo las personas dueñas de dichas aguas, el ejido y el gobierno. Daría mejor resultado si se hicieran campañas para que la gente tenga un poco más de conocimiento sobre las propiedades curativas de los manantiales y si hubiese personal preparado en este tema, para ayudar a los enfermos a seguir un tratamiento adecuado.

Una vez que la gente haya hecho conciencia del recurso natural que poseen a tan poca distancia de sus pueblos y ciudades, en tonces estos lugares, donde existe un balneario se convertirá con el tiempo en un centro turístico, un centro donde, además de ser visitado por los vacacionistas, que buscan la diversión, la belleza

natural y el descanso, también sea visitado por el enfermo, que busca alivio a sus males y a quien, con frecuencia, las medicinas comunes no le han ayudado en nada.

Después de esto, sí se podrían construir verdaderos centros de salud, cercanos a los manantiales, donde cuando menos ha ya un pequeño hospital y un modesto hotel.

La conservación, cuidado del manantial y sus instalaciones deben depender de personal especializado, el cual debe estar en conexión con los químicos y médicos que supervisen el mantenimiento de las propiedades genuinas del agua mineromedicinal.

Para poder crear un establecimiento balneario, primero - se tiene que determinar si la fuente o el brote tiene capacidad y rendimiento suficiente y constante. Después se debe estudiar su posible almacenamiento y su distribución según los distintos servicios que se quieran dar. Los materiales empleados deberán ser adecuados para el fin que se persigue.

En seguida incluyo una lista de servicios con que podría - constar un establecimiento balneario con el fin de una cura hidro - mineral:

#### SERVICIOS SANITARIOS

Cura hidropínica	-
Balneoterapia	- establecimiento de cuartos de baño, piscinas
Peloidoterapia	- aplicación de lodo. bañeras, pilas.
Estufas	-
Duchas y Chorros	-
Instalaciones	-
Pulverizaciones, etc.	

#### ADMINISTRACION

Hospedaje  
Restaurante  
Comunicaciones  
Diversiones  
Personal

#### INMUEBLES

Dedicados a la cura hidromineral y a las instalaciones.

#### INSTALACIONES INDUSTRIALES

Embotellado  
Sales  
Cremas  
Jabones  
Otros productos

Indudablemente que para nuestro país, y para nuestras posibilidades económicas, todas estas instalaciones resultarían muy costosas y difícilmente se podrían tener, tal como lo hemos indicado. Pero se puede empezar con algo, hasta obtener el mismo desarrollo que en la actualidad poseen en el aspecto de crenoterapia y en general de hidrología médica, las naciones europeas, entre ellas las más destacadas: Francia, Alemania, España, Italia, Checoslovaquia, etc,

La hidrología médica, tiene múltiples aplicaciones en nuestras vidas y la crenoterapia parece que encontrará un campo de acción muy grande en nuestro país pues la gran cantidad de manantiales mineromedicinales existentes, permiten y permitirán su avance y desarrollo.

Finalmente, dentro de las muchas maneras en que se pueden aprovechar estas aguas, me referiré a otra más, olvidada también por quienes les corresponde hacer buen uso de estos recuros.

El establecimiento de campamentos escolares dice Sáenz de la Calzada es un aspecto de esencial importancia en una sana práctica pedagógica que, sin embargo, ha sido descuidada por las autoridades docentes de nuestro país.

El sacar a los niños y adolescentes de las escuelas para llevarlos de vez en cuando a convivir con la naturaleza, significa bajar el porcentaje del ausentismo escolar y ayudar para que no deserten de la escuela tantos alumnos, lo cual significa complementar la labor pedagógica del maestro con ayudas didácticas reales y todavía mejor, significa alejar a los jóvenes de las tentaciones que hoy amenazan nuestras grandes ciudades como la drogadicción los apetitos sexuales desorbitados, etc.

En el estado de Hidalgo se podrían establecer los campamentos en lugares donde existen los manantiales de agua geomédical. Pero especialmente, por su belleza natural y clima apropiado se puede acudir a los que se localizan en los municipios de Huichapan y Tecozautla, al de Tzindejéh, Tonaltingo y el de Santa María Amajac.

Por supuesto que el estado ofrece otros lugares propios para acampar como por ejemplo en los alrededores de Pachuca; se puede ir a las hermosas zonas boscosas de el Chico, las Ventanas, el Hiloche y los centros de recreo de Huasca y San Miguel Regla.

Se puede acudir a cualquier zona situada entre las sierras montañosas de NW y N del estado o bien hasta la Huasteca, donde el clima es ya más calurosa y húmedo.



Las proximidades de Tulancingo y la zona arqueológica de Tula, también son propias para estas actividades. Desde luego - que no faltan las lagunas y presas para el mismo efecto.

## V CONCLUSIONES.

Hemos visto en este breve estudio que el estado de Hidalgo cuenta con magníficas reservas de agua subterránea y en especial de agua geomedicinal brotante. Así pues, en estos tiempos difíciles para vivir, es necesario hacer buen uso de dichas aguas y evitar todo tipo de desperdicio.

Muchos son los problemas que se presentan para lograr hacer este buen uso de los manantiales curativos, pero todos ellos se pueden vencer y al final se recuperará lo invertido y hasta resultará un buen negocio. Quizás lo primero que haya que mejorar en esta entidad, son las comunicaciones y los transportes para que, la gente pueda llegar hasta las fuentes termales frías.

Una de las ventajas que presenta es que la mayoría de los brotes están localizados a pocos kms. de las ciudades principales del estado, incluso de la ciudad de México, de donde sale más turismo para dichos manantiales.

Los climas del estado son propios para que la cura pueda efectuarse durante cualquier estación del año. Solamente la región del Valle del Mezquital presenta un clima seco estepario.

Respecto a los elementos del clima, parecen presentar buenas características propias para complementar el tratamiento hidromedicinal; tal vez en otro estudio semejante a este, se pueda hablar en detalle de cada uno de ellos ya que también influyen en el estado de salud tanto del individuo como de la colectividad.

Las personas interesadas en este tipo de recurso natural con verdaderas propiedades curativas, deberían conocer los resultados tan positivos que se han obtenido de estas aguas geomedicinales en países como Francia, Alemania, Italia, España, etc. y tomar de ellos algunas ideas respecto a las instalaciones, aparatos, procedimientos y tratamientos que se utilizan allá.

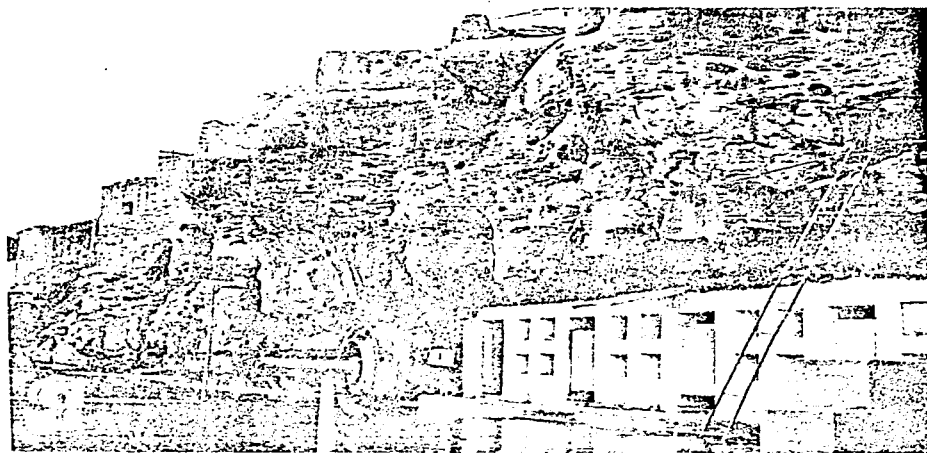
Entre los que se deben interesar, están los médicos de nuestro país quienes por ahora se mantienen sin conocer aún, los propósitos de la Hidrología Médica y quienes serán junto con los Hidrólogos y Geógrafos, los más indicados para trabajar en esta disciplina en cuyo campo está la solución y la cura de muchas enfermedades, no solamente del individuo, sino de la comunidad.



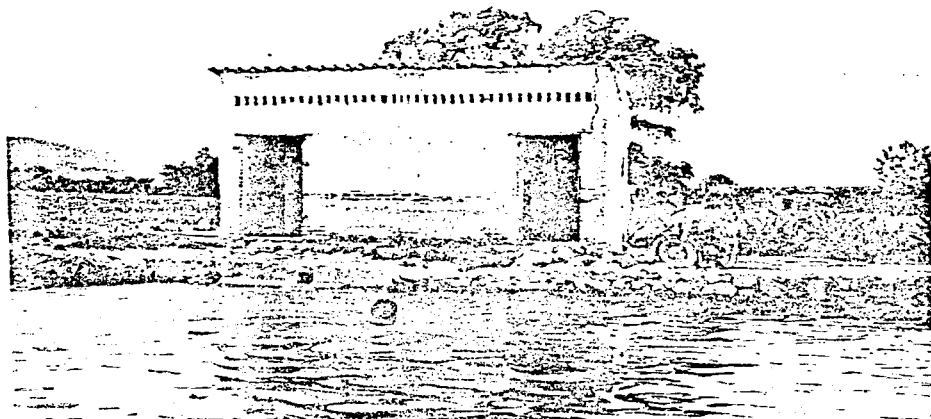
MUESTRA N° 6 LA CANTERA MPIO. DE TULA



MUESTRA N° 6 LA CANTERA MPIO. DE TULA



MUESTRA N° 8 CHICHIMEQUILLAS MPIO. DE HUICHAPAN



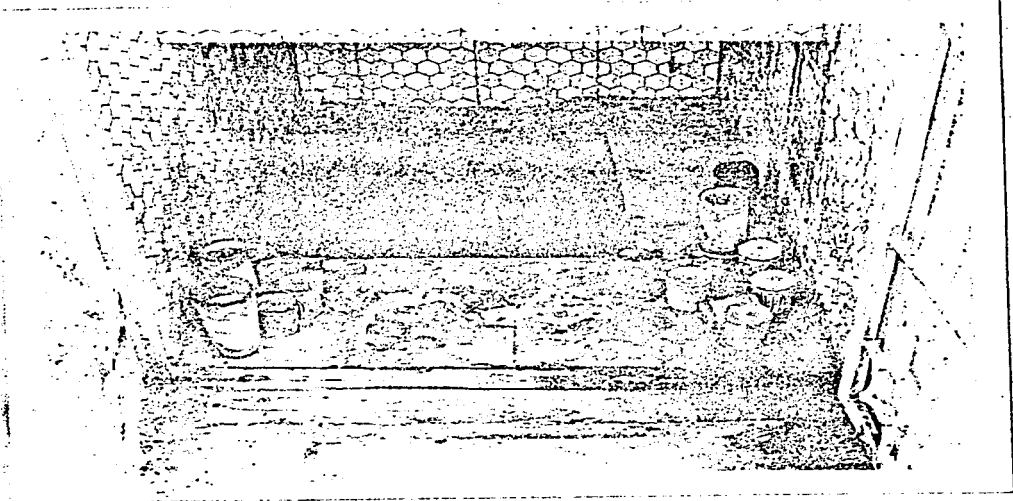
MUESTRA N° 9 DIOS PADRE MPIO. DE IXMIQUILPAN



MUESTRA N° 13 MAGUEY BLANCO MPIO. DE IXMIQUILPAN



MUESTRA N° 16 PATHECITO MPIO. DE HUICHAPAN



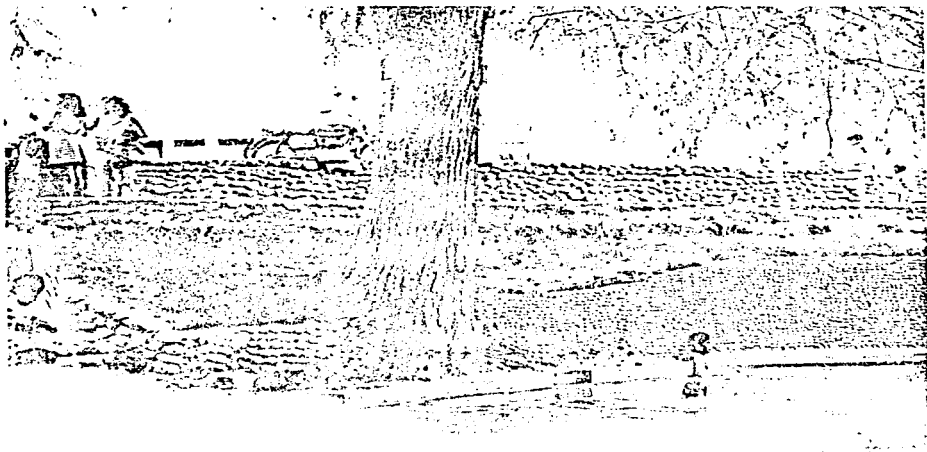
MUESTRA N° 17 SANTA MARIA AMAJAC MPIO. DE  
ATOTONILCO EL GRANDE



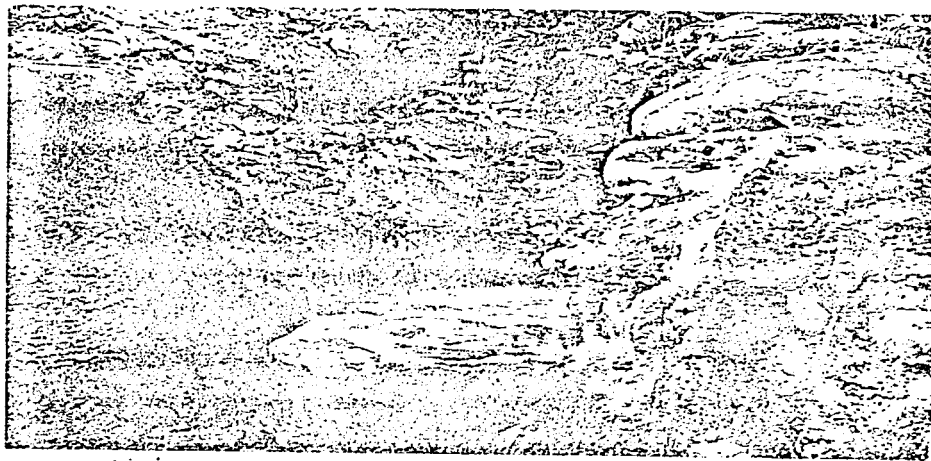
MUESTRA N° 18 TAHIDHO MPIO. DE TECOZAUTLA



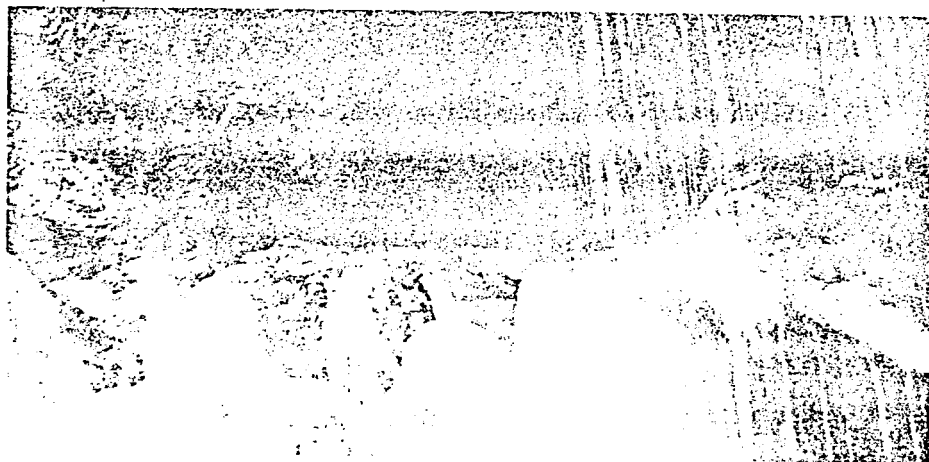
MUESTRA N° 19 EL TEPHE MPIO. DE IXMIQUILPAN



MUESTRA N° 20 TEZONTEPEC MPIO. DE TEZONTEPEC



MUESTRA N<sup>o</sup>. 21 TLACOTLAPILCO MPIO. DE CHILCUAUTLA



MUESTRA N<sup>o</sup>. 22 TONALTONGO MPIO. DE CARDONAL





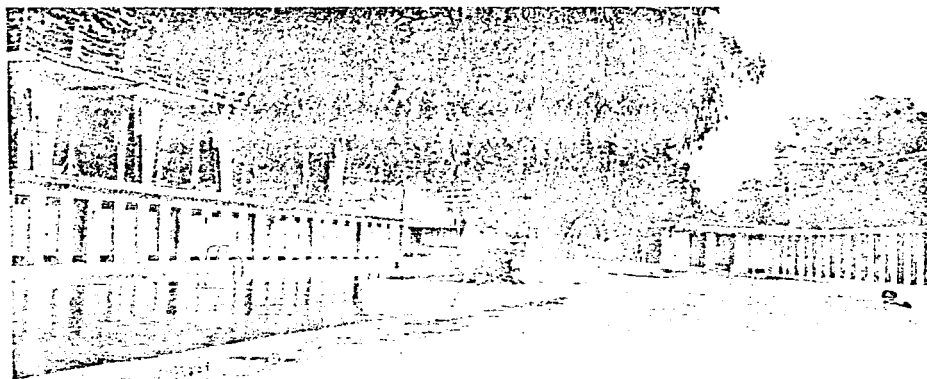
MUESTRA N° 22 TONALTONGO MPIO. DE CARDONAL



MUESTRA N° 24 TZINDEJEH MPIO. DE TASQUILLO



MUESTRA N° 24 TZINDEJEH MPIO. DE TASQUILLO



MUESTRA N° 25 VITO MPIO. DE ATOTONILCO TULA

## BIBLIOGRAFIA

- 1 CORREA PEREZ, Genaro. Comentarios sobre Perspectivas Cronoterápicas del estado de Michoacán. Michoacán, - Memoria del VI Congreso de Geografía. 1972
- 2 ARMIJO VALENZUELA, Manuel De. Compendio de Hidrología Médica. Barcelona. Editorial Científico-Médica. - 1968.
- 3 ESPINOZA H., Alonso; De Avanda, L.F. Mosser, Federico. Focos Termales en la República Mexicana "México. Boletín de la Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros. Vol. XVI, No. 7 y 8. 1964
- 4 LONWELL CHESTER, R. Flint, Richard. - Geología Histórica. México. Editorial Limusa-Wiley, S. A. 1965.
- 5 LOTZE, Franz . Geología. México. Unión Tipográfica Editorial Hispano Americana - Uteha, 1961.

- 6 MADEREY RASUÓN, Laura E. Aguas Subterráneas en México. México. Instituto de Geografía, UNAM. 1967.
- 7 MOOSER, Federico. Provincia Geotérmica de México. México. Boletín de la Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros. Vol. XVI, No. 7 y 8. 1964.
- 8 MUÑOZ LUMBIER, Manuel. Las Aguas Medicinales en México. México, ( s. e.) 1934.
- 9 SAN ROMAN y Royer, J. Hidrología Médica Barcelona. Editorial Salvat. 1945.
- 10 SAENZ DE LA CALZADA, C. Hidrología Médica General y del Estado de Michoacán. México. Instituto Michoacano de Recursos Naturales. 1974.
- 11 SAENZ DE LA CALZADA, C. Perspectivas Crenoterápicas en el estado de Michoacán. Michoacán. Memoria del VI Congreso Nacional de Geografía. 1972
- 12 YARZA DE LA TORRE, E. Volcanes de México. México. M. Aguilar, Editor. 1971.

## FUENTES CARTOGRAFICAS

Carta de Climas, CETENAL. HOJAS: Gro., Pach., Mex., Ver., Escala 1: 500,000. México, D. F., 1976.

Carta de Comunicaciones y Transportes del estado de Hidalgo. SOP. Escala 1:500,000. México, D. F.,.

Carta Topográfica, Comité Coordinador de Levantamiento de la Carta de la República Mexicana. HOJAS: Gto., Mex., Pue., Pach., Escala 1:500,000. México, D. F., .

Carta Turística de: estado de Hidalgo. Departamento de Turismo del estado. Pachuca, 1976.

Carta Turística de la República Mexicana. - SOP. Escala 1: 1,750,000. México, D. F., 1976.

Carta de Vegetación. Comisión Intersecretarial Coordinadora del Levantamiento de la Carta Geográfica de la República Mexicana. Defensa Na

cional. HOJAS: Ver., Pach., Qro., Mex., Esca-  
la 1: 500,000. México, D. F., .