

**CARTA DE RECURSOS ENERGETICOS DE MEXICO:  
GEOTERMIA**

**ING. VICENTE TORRES RODRIGUEZ**

**TESIS PRESENTADA A LA DIVISION DE  
ESTUDIOS DE POSGRADO DE LA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO  
COMO REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE  
MAESTRO EN INGENIERIA  
(EXPLORACION)**

**Ciudad Universitaria, Octubre de 1989**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



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

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

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

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

## INDICE

	Página
CAPITULO 1. INTRODUCCION	
1.1. Panorama Energético .....	2
1.2. Objetivos y Metas .....	7
1.3. Antecedentes .....	8
 CAPITULO 2. METODOLOGIA PARA LA CLASIFICACION DE RECURSOS ENERGETICOS	
2.1. Estimación de Recursos .....	10
2.2. Nomenclatura Sistemática .....	11
2.2.1. Carbón .....	12
2.2.2. Uranio .....	14
2.2.3. Hidrocarburos .....	16
2.2.4. Geotermia .....	20
 CAPITULO 3. ANALISIS MULTIVARIABLE	
3.1. Introducción .....	25
3.2. Análisis Geoestadístico .....	26
3.2.1. Longitud.....	27
3.2.2. Latitud.....	27
3.2.3. Temperatura Superficial de la Manifestación .....	30
3.2.4. Tipo de Manifestación .....	34
3.2.5. Tipo de Sistema Geotérmico .....	34
3.2.6. Fuente Calorífica .....	34
3.2.7. Edad .....	35
3.2.8. Caudal .....	35
3.2.9. Alcalinidad .....	39
3.2.10. Conductividad Eléctrica .....	45
3.2.11. Composición Química .....	45
3.2.12. Geotermómetros .....	72
 CAPITULO 4. ANALISIS FACTORIAL .....	88
 CAPITULO 5. DISTRIBUCION DE AGUAS TERMALES EN MEXICO: IMPLICACIONES A LA TECTONICA RECIENTE	
5.1. Introducción .....	95
5.2. Distribución de Manifestaciones Termales .....	95
5.2.1. Sierra Madre Occidental .....	96
5.2.2. Sierra Madre Oriental .....	96
5.2.3. Cinturón Volcánico Trans-Mexicano .....	97
5.2.4. Sierra Madre del Sur .....	98
5.3. Tectónica Actual y Aguas Termales: Discusión .....	98
 CONCLUSIONES .....	102
 REFERENCIAS .....	105
 ANEXO: MANIFESTACIONES TERMALES DE LA REPUBLICA MEXICANA .....	109

## RESUMEN

Con base en la información de 1360 manifestaciones de aguas termales conocidas hasta el momento en México, se creó una base de datos a partir de la cual se realizó un análisis sistemático basado en técnicas geoestadísticas, de análisis factorial y correlación Kriging.

Se encontró que las aguas termales de México se presentan en tres agrupamientos: Noroeste de México, Cinturón Volcánico Trans-Mexicano y Costa del Pacífico Sur. La temperatura superficial medida en dichas aguas tuvo como valor promedio los 41°C, correspondiendo la mayoría a manantiales tibios; también se detectaron pozos de aguas calientes, y descargas directas. El 5% de las manifestaciones son sistemas de alta o muy alta entalpía, con concentraciones salinas intermedias a altas. Las fuentes caloríficas predominantes son estructuras volcánicas y subvolcánicas, fallas de corrimiento e intrusivos en enfriamiento. El flujo de calor llevado por las aguas termales a la superficie de la Tierra se estimó en unas 700,000 Kcal/seg. Desde el punto de vista químico las aguas termales tienen una tendencia hacia la alcalinidad y salinidades intermedias. Se estudiaron componentes químicos como sulfato, bicarbonato, boro, sodio, cloro, potasio, magnesio, calcio, litio y silicio, cuyas configuraciones regionales permitieron caracterizar provincias geotermales. Con los resultados de análisis químicos se calcularon los geotermómetros de Na-K, K-Mg, SiO<sub>2</sub> y Na-K-Ca, los cuales también permitieron definir tendencias regionales.

Se estudió además la geometría y estructura de la información, desde el punto de vista de la teoría de las Variables Regionalizadas, calculando los radios de influencia de las variables estudiadas. Por medio del análisis factorial se determinaron los eigenvectores que describen mejor a la información, encontrándose que el 90% de la información está contenida en 12 variables (originalmente se tienen 26).

Por último, se observó que la distribución geográfica de las anomalías termales coinciden con algunos elementos tectónicos conocidos y sugiere la presencia de otros cuya existencia deberá probarse.

## CAPITULO 1

### INTRODUCCION

La actividad exploratoria es la generadora de la riqueza de un país pues lo provee de las materias primas y de los energéticos imprescindibles para su desarrollo. Si bien, toda exploración conlleva un costo económico, éste no debe actuar como freno del conocimiento científico de los recursos naturales ya que tarde o temprano requeriremos de tales materiales. El atraso en el conocimiento de los recursos con que cuenta el país puede conducirlo a la escasez, a la dependencia e, inclusive, a la improductividad.

La prospección moderna, herramienta para el conocimiento de los recursos naturales, consiste en el estudio sistemático de los factores que gobiernan la concentración de ciertos elementos y sustancias en la corteza terrestre. Esta investigación depende completamente del conocimiento científico como guía y del reconocimiento de las características propias del objeto de la exploración.

La prospección sistemática es una metodología en la cual el estudioso de las Ciencias de la Tierra atribuye valores específicos a cada una de las teorías que explican el origen y evolución de los materiales inherentes a su estudio. Estas teorías provienen del análisis concienzudo de los atributos de yacimientos plenamente identificados y de su interpretación a la luz de modelos naturales, empíricos, experimentales y numéricos.

Las teorías sobre el origen de un depósito, en nuestro caso un recurso energético, deben tratar aspectos como:

- Fuentes del material
- Características físicas y químicas del depósito
- Mecanismos de transporte
- Modo de emplazamiento
- Condiciones de acumulación
- Condiciones de preservación natural
- Ambiente tectónico de formación
- Epoca de formación
- Volumen del recurso, etc.

Los parámetros anteriores constituyen alguna parte de un fenómeno particular: la formación de un yacimiento, en donde cada uno es un argumento que contribuye al entendimiento global del fenómeno. Así, en la medida en que estas porciones de la estructura se describan, reconozcan, identifiquen y evalúen, se obtendrán mejores modelos que expliquen más ampliamente al proceso en cuestión.

## 1. PANORAMA ENERGETICO

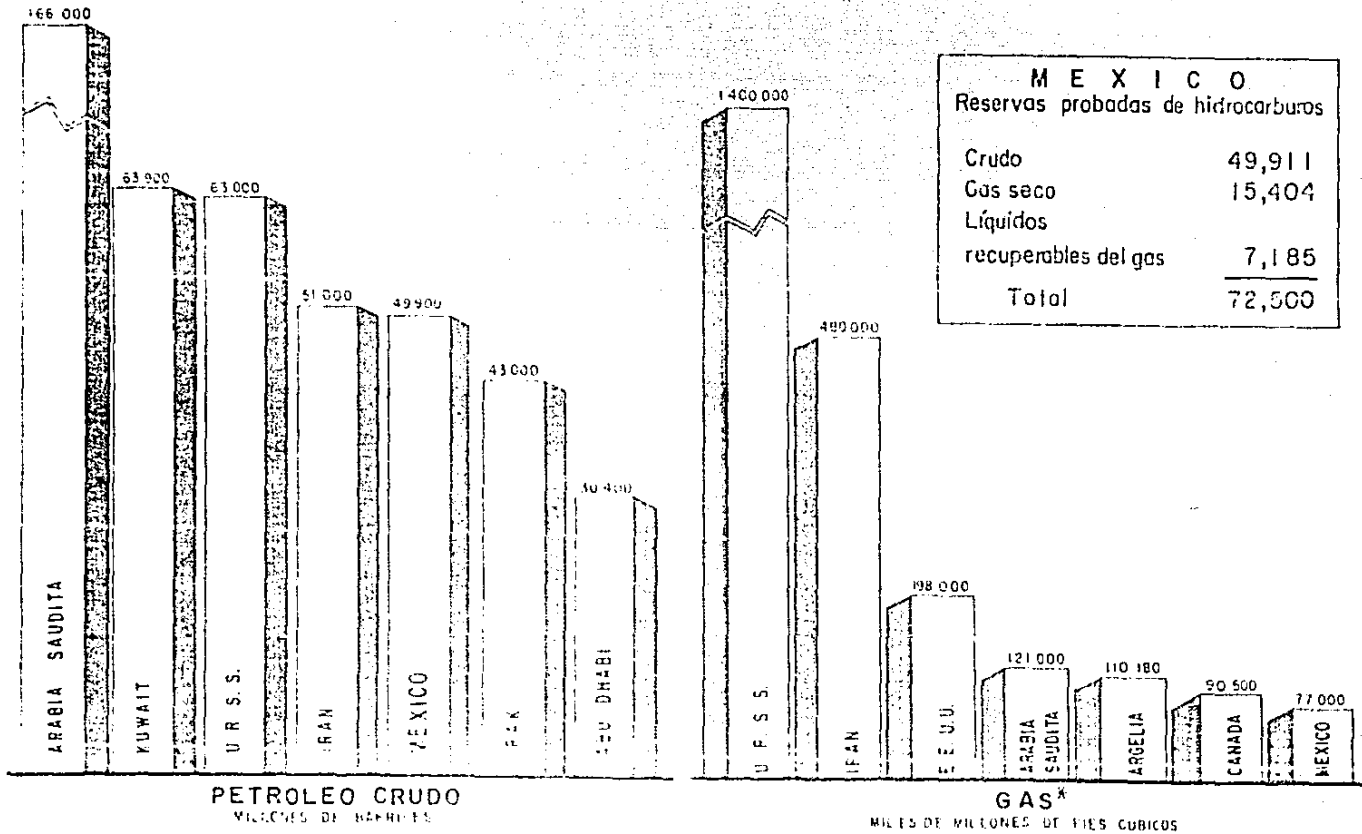
El sistema energético mexicano se basa fundamentalmente en los hidrocarburos. El sector productor de energéticos ha tenido un acelerado desarrollo en los últimos cuarenta años y México es actualmente el cuarto productor y exportador más importante de petróleo en el mundo con reservas oficiales de 72,500 millones de barriles y reservas potenciales de 250,000 millones de barriles que garantizan sus requerimientos inmediatos y los de corto plazo (Figura 1.1 Y Tabla 1.1)

La reserva probada de hidrocarburos de 72,500 millones de barriles (67,000 para 1988) está integrada por 69% de crudos, 21% de gas seco y 10% de líquidos recuperables del gas. A este respecto, cabe agregar que en 1987 en términos de consumo de combustibles se utilizaron 157,000 barriles diarios de combustóleo para ser quemados en centrales termoeléctricas. No obstante que existe consenso en cuanto a la necesidad de despetrolizar la economía de México, el petróleo continuará siendo en lo que resta de este siglo la principal fuente de energéticos y, posiblemente, de recursos financieros para el país. En 1983 el petróleo generó aproximadamente el 5.7% del Producto Interno Bruto y el 74.5% del total de divisas que ingresan por concepto de exportaciones

El Programa Nacional de Energéticos 1984-1988 estableció que para 1988 los requerimientos internos de energía deberían satisfacerse manteniendo una plataforma de exportación de 1.5 millones de barriles diarios. Si bien esta meta se ha cumplido en cuanto a la satisfacción de la demanda interna, las reservas oficiales han disminuido en 2.0 mil millones de barriles. Algo similar ha ocurrido con la plataforma de exportación la cual ha disminuido a 1.3 millones de barriles diarios, disminución atribuida a cuestiones de mercado internacional. Para lograr el objetivo de mantener el nivel actual de reservas oficiales de hidrocarburos deberán descubrirse anualmente 2.1 millones de barriles lo cual muestra la magnitud del reto de la actividad exploratoria. Este cálculo presupone un crecimiento económico anual del 2.8%. Pero si el porcentaje de crecimiento es como lo señala el Plan Nacional de Desarrollo 1989-1994, cuya meta es del 5.0 a 6.0% anual, los volúmenes de nuevos hidrocarburos que deberán descubrirse anualmente serán mayores o por lo menos con tasas de crecimiento como las señaladas.

Por otra parte, la capacidad de generación eléctrica a base de hidrocarburos ha marcado una tendencia a la alta, estando determinada su capacidad total por las obras en proceso. En 1980 la generación de energía eléctrica por combustibles fósiles fue del 68.9 por ciento, mientras que para 1987 y 1988 el porcentaje alcanzó el 67.7% de la capacidad total instalada. (CFE, Informes de Operación). En la Tabla 1.2 se observa la evolución de la capacidad instalada desde 1980

# RESERVAS PROBADAS DE PETRÓLEO CRUDO Y GAS EN PRINCIPALES PAISES 1983



\* Excluye líquidos del gas (7,185 millones de barriles)

FIGURA 1.1. Reservas probadas de petróleo crudo y gas en los principales países (1983)

TABLA 1.2. EVOLUCION DE LA CAPACIDAD INSTALADA PARA LA GENERACION DE ENERGIA ELECTRICA: 1980-1986 (MW)

Planta	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986
Hidroel.	4,541	4,723	6,550	6,532	6,532	6,532	6,532
(%)	31.1	27.1	35.6	34.4	33.7	31.5	30.7
Termoel.	10,084	12,673	11,840	12,472	12,828	14,275	14,734
(%)	68.9	72.9	64.4	65.6	66.3	68.5	69.3
Total	14,625	17,396	18,390	19,004	19,360	20,807	21,266

Fuente: CFE, Informes de operación 1981, 1987.

Nota: La generación termoeléctrica incluye: Vapor, ciclo combinado, combustión interna, geotermoeléctrica y carbó-eléctrica.

El potencial hidroeléctrico aprovechable del país se estima en 80 TWh, equivalente a una capacidad de generación de 22,000 MW. El aprovechamiento total del potencial, por sus características solo puede ser alcanzado a largo plazo. Durante 1988 la capacidad instalada en hidroeléctricas era de 7,749 MW. Los estudios sobre la potencialidad de estos recursos permitirán la instalación, a largo plazo, de hasta 3,900 MW, de los cuales durante 1988 se aprovecharon 700 MW.

Con respecto al carbón, México cuenta con una reserva probada de carbón no coquizable de 643 millones de toneladas que permitirán instalar una capacidad de de alrededor de 5,500 MW. Actualmente se aprovechan 1,200 MW en la Central Carbóeléctrica José López Portillo (1988).

A la fecha se conoce la existencia de alrededor de 14,500 toneladas de uranio, de las cuales se estima que únicamente 2060 tienen posibilidades técnicas de extraerse metalúrgicamente. Con la instalación de 1,308 MW en la Central Nuclear de Laguna Verde se habrá comprometido la totalidad de dichas reservas quedando un déficit de combustible nuclear de cerca del 77% durante la vida útil de la central nucleoeleéctrica, estimada en 30 años (Castañeda, 1985). De esta manera, el programa nucleoeleéctrico inició su operación en 1988 con uranio de importación, toda vez que los trabajos de exploración y explotación del elemento radiactivo hasta ahora se están reiniciando por el Consejo de Recursos Minerales y la Comisión de Fomento Minero. Se espera que dichas instituciones consoliden su actividad de exploración y explotación para fines de 1992.

Los hechos mencionados en los párrafos anteriores señalan déficits importantes en cuanto a la disponibilidad de uranio. Aún en el caso en que no se construya otra planta nuclear, los estudios del Programa Universiotario de Energía (1985) revelan



que deberán importarse solo para Laguna Verde 3840 toneladas de U308, asumiendo que se beneficien todas las reservas "probadas" de uranio hasta el momento en México. Ahora bien, si el programa de generación de energía nuclear continúa, los requerimientos de este energético serán mayores y el país dependerá del exterior, debiendo importar más del 90% del combustible necesario.

Los planteamientos anteriores muestran de inmediato la trascendencia que deberán tener los trabajos de exploración ya que mientras por un lado se buscará mantener las reservas actuales de hidrocarburos al ritmo de explotación actual, por otro se siente la necesidad de diversificar las fuentes de energía. Dicho en otras palabras, para el año 2000 el 50% de la energía provendrá de fuentes no petroleras constituidas por carbón, uranio y geotermia. Es bueno recordar que la generación hidroeléctrica ha alcanzado su límite de generación a gran escala dejando como alternativa la generación de microhidroeléctricas.

El atraso en la investigación y puesta en marcha de programas de fuentes alternas de energía como las citadas podrá ocasionar presiones en el consumo de los energéticos tradicionales, acelerando aún más la disminución de las reservas. Por tanto, es urgente adelantar estudios que conduzcan al planteamiento de un cambio estructural energético a corto y mediano plazos, encausado hacia la diversificación energética. Vale mencionar que de lo que ocurra en el sector energético dependerá en gran medida lo que suceda en los demás sectores de la economía.

La diversificación energética es un programa que implica la sustitución de fuentes primarias en todos los sectores, enfatizando en el de generación de energía eléctrica. En este sector los esfuerzos deben dirigirse hacia la reducción de la participación relativa de termoeléctricas convencionales. Así, el número de carboeléctricas, hidroeléctricas, nucleoeeléctricas y plantas geotérmicas deberán ampliarse paulatinamente.

Si se acepta la necesidad de diversificar las fuentes de energía de México como alternativa a mediano plazo deberán responderse a las siguientes interrogantes:

- ¿ Se tiene un inventario de los recursos energéticos de México?
- ¿ Se conocen las reservas de cada fuente y dentro de qué categorías?
- ¿ Son congruentes las metas de los Planes de Desarrollo con los recursos verdaderamente disponibles?
- ¿Cuál es la distribución geográfica de los recursos con respecto al destinatario de la energía, sea sectorial o regional?
- ¿Cuál es la disponibilidad real de cada energético?

¿ Cuáles son las fuentes alternas de energía con mejores posibilidades de éxito?

En la medida en que se vayan respondiendo estas preguntas, el conocimiento de los recursos energéticos contribuirá a racionalizar su uso, a encausar el cambio transicional de la política energética, mejorará la preservación de los recursos no renovables, dará mayores márgenes de maniobra en la explotación y se ampliará el horizonte de duración de los hidrocarburos destinándolos a un uso más noble. El petróleo es una materia prima. No un combustible.

## 2. OBJETIVOS Y METAS

La distribución geográfica de los recursos energéticos de México es muy variable y hasta el momento no se dispone de un trabajo de carácter regional que englobe al conjunto de energéticos no renovables. Es necesario entonces disponer de un sistema de información integral sobre petróleo, gas natural, carbón, uranio y geotermia, cuyo conocimiento es de primordial importancia en la formulación de cualquier plan de desarrollo.

Una de las formas de satisfacer esta carencia es mediante la elaboración de una "Carta de Recursos Energéticos de México" que contemple aspectos como: tipo de energético, localización, características geológicas, ambiente tectónico, origen, forma de emplazamiento, tiempo de formación, reservas, características fisico-químicas y disponibilidad, entre otras.

El presente trabajo constituye la primera etapa de la integración de la Carta de Recursos Energéticos de México, en la que se propone la metodología general que se seguirá en etapas subsecuentes. Los energéticos considerados son: petróleo, gas natural, carbón, uranio y geotermia. En este volumen se aplicará la metodología a los recursos geotérmicos.

Los objetivos particulares que pretende este estudio son:

- a. Proponer un sistema de nomenclatura y codificación de recursos energéticos en general.
- b. Generar una base de datos de recursos geotérmicos de México.
- c. Conocer la distribución geográfica y la ubicación geológica de los recursos geotérmicos de México.
- d. Caracterizar con base en sus propiedades físicas, químicas y geológicas las manifestaciones termales de la República Mexicana.
- e. Realizar un análisis geoestadístico de los atributos fisico-químicos de las manifestaciones termales de México y definir la existencia de posibles Provincias Geotérmicas.

f. Establecer el potencial geotérmico de cada región con miras al mejoramiento de la planeación exploratoria.

g. Aportar al conocimiento de la historia tectónica de México a través del estudio regional de sus recursos geotérmicos.

### 3. ANTECEDENTES

Las investigaciones sobre caracterización regional de recursos energéticos son escasas en México. No se conocen trabajos que analicen en conjunto a todos los energéticos sino que se trata de estudios individuales o por grupos de yacimientos, enfocados a resolver problemas prácticos de la exploración o de producción.

Castañeda (1986,1897) ha publicado varios trabajos de cobertura nacional sobre uranio y carbón. Estos fueron: La producción de uranio en México; recursos uraníferos (1986). El Carbón en México (1987)

El Programa Universitario de Energía (PUE-UNAM) realizó varios foros a partir de 1982 en los que se trataron tópicos como: reservas, usos, tecnología, problemas operacionales, seguridad, economía y planeación de recursos energéticos. Este programa ha dado lugar a varias publicaciones como: Carbón y Uranio como fuentes energéticas en México (1984). Planeación energética en México, ¿Mito o realidad? (1984). Hidrocarburos y socio-economía, aspectos críticos y soluciones (1983), Generación y flujo de tecnología energética en México (1983). Energía nuclear: fisión (reactores de cría) tecnologías energéticas del futuro.

En cuanto a recursos geotérmicos, la Comisión Federal de Electricidad ha realizado una recopilación de datos de fuentes termales por estados, constituyendo estos documentos la principal fuente de información al respecto. En 1988, Herrera y colaboradores presentaron la primera Carta de Recursos Geotérmicos de México, a escala 1:2,000,000. La información contenida en ese trabajo incluye: ubicación de focos termales, temperatura superficial y tipo de manifestación.



## CAPITULO 2

### METODOLOGIA PARA LA CLASIFICACION DE RECURSOS ENERGETICOS

#### 2.1. ESTIMACION DE RECURSOS

De acuerdo con el Programa Internacional de Correlación Geológica (IGCP-98; Cargill, et al., 1977) la estimación de recursos naturales busca determinar las cantidades irrestrictas de un recurso existente dentro de un área. Con ello se fijan ciertos valores de referencia con los cuales comparar nuevos datos obtenidos, los cuales, ulteriormente, servirán para desarrollar bases de datos de recursos regionales o globales.

Un segundo enfoque de la estimación de recursos es aquel en el que se introducen restricciones de índole tecnológico y económico. En este caso para determinar las cantidades de recursos naturales disponibles se deberá:

- a. Elaborar inventarios regionales o globales de recursos disponibles.
- b. Estimar el potencial de recursos disponibles bajo ciertas restricciones.
- c. Definir las necesidades de información adicional.
- d. Proveer inventarios básicos para el manejo, utilización y exploración de recursos naturales.

La estimación de recursos con o sin restricciones necesita de metodologías y estrategias similares, aunque no idénticas. En general los pasos a seguir son:

- a. Inventariar las localidades conocidas junto con algunas de sus restricciones.
- b. Desarrollar modelos de ocurrencia de dichos recursos que sean reflejo de las restricciones.
- c. Utilizar los modelos dentro de su ámbito de aplicabilidad para hacer estimaciones de la cantidad del recurso disponible.

Cuando se requieren hacer estimaciones con niveles de precisión mayores, la metodología debe incluir aspectos como los siguientes:

- a. Estimación del valor areal: extrapolación de un valor medio unitario representativo para una región de interés.
- b. Estimación volumétrica. Extrapolación de un valor medio de concentración por unidad de volumen para un volumen de interés.
- c. Estimación de abundancia: estimación del volumen o tonelaje recuperable de un recurso de una abundancia media representativa a través de una función empírica.
- d. Modelado de un depósito: estimación de recursos en un ambiente geológico específico basado en el análisis de las características de depósitos conocidos en ambientes similares.

## 2.2. NOMENCLATURA SISTEMATICA

Estudiar los recursos energéticos implica establecer parámetros clasificatorios que faciliten su ubicación y discusión en distintos entornos, sean estos económicos, geográficos, geológicos o políticos.

Ante la diversidad de características de cada energético se deben plantar simplificaciones y generalizaciones, hasta donde ellos mismos las permitan, que converjan hacia una clasificación sistemática. Dicha clasificación deberá facilitar el manejo bajo una misma variable de parámetros que tengan alguna analogía sin importar el tipo de energético en cuestión. Por ejemplo, una de las propiedades más importantes de los energéticos se refiere al tipo de componentes que lo constituyen; así, para el carbón podrán serlo la turba, el lignito, la hulla o la antracita, mientras que para el uranio lo serán elementos radiactivos como el uranio y torio. Analogías semejantes deberán plantearse para especificar entre otros: tipo de energético, composición, estructura, tamaño, ambiente geológico, etc.

En los párrafos siguientes se propone una metodología encaminada a la clasificación de recursos energéticos que es una extensión de la utilizada para recursos minerales en general. El sistema está constituido por un código y un símbolo, los cuales están diseñados para que brinden una gran cantidad de información en un espacio muy reducido. Además, la organización de sus elementos facilita su versatilidad y actualización.

La simbología ha seguido sensiblemente las recomendaciones del Proyecto Circum-Pacífico de Recursos Naturales (USGS, 1981). En ella, independientemente del recurso natural de que se trate se contemplan los siguientes aspectos generales:

- TIPO DE ENERGETICO: Carbón, uranio, geotermia, petróleo y gas natural

- COMPOSICION DEL ENERGETICO: En este punto se consideran aspectos mineralógicos o químicos del energético, según sea el caso. Para el carbón serán los miembros de la cadena de evolución de éste, la cual está formada por turba, lignito, hulla y antracita; para el uranio podrán emplearse los minerales más comunes que forma este elemento; en los hidrocarburos el término equivalente es el grado API; por último, en los campos geotérmicos la composición química de los fluidos predominantes.

- AMBIENTE GEOLOGICO: En este apartado se consideran los ambientes de formación del energético, ambientes tectónico-metalogenéticos, estructuras geológicas presentes, rocas generadoras, almacenadoras y encajonantes, fuente calorífica y tipo de manifestación.

- CLASIFICACION: Dentro de cada tipo de energético existe una clasificación que representa de alguna manera las principales características y origen del yacimiento, utilizando para ello variables geológicas y fisico-químicas. Estas se tratarán a mayor detalle en incisos subsecuentes.

- EDAD DEL YACIMIENTO: Se refiere a la edad o época geológica en la cual se formó el recurso energético.

A continuación se presenta de manera resumida la simbología propuesta, con una explicación sobre los parámetros que definen a cada energético así como el código representativo de cada yacimiento.

### 2.2.1. CARBON

La información más relevante que describe a los yacimientos de carbón en México incluye aspectos como mineralogía, forma de los mantos, tamaño del yacimiento y edad de la mineralización. El símbolo y el código convenidos son los siguientes:

SIMBOLO	DESCRIPCION	CODIGO
	I. Tipo de carbón: Hulla	(12a)
	II. Ambiente de formación: Deltáico	(03)
	III. Estructura: Mantos continuos	(28)
	IV. Tamaño: Mediano	(B)
	V. Tipo de yacimiento: carbón	(12)
	VI. Edad: Terciario tardío	(08)




Código: 12a0328B1208

2.2.1.1. Tipo de Carbón: El tipo de carbón se define en función de las proporciones que guardan entre sí sus componentes macerales, indicando de esta manera el tipo de material vegetal que le dio origen. El tipo depende entonces de la génesis, de las propiedades químicas y de las características petrográficas del espécimen. Estrictamente hablando, los únicos tipos de carbón definidos bajo este criterio serían los húmicos y los sapropélicos. No obstante, atendiendo al grado de evolución de la materia orgánica se considera una clasificación mas amplia formada por turba, lignito, hulla y antracita. Estos tipos de carbón se representan gráficamente mediante los símbolos:




Código      a = ○      b = □      c = ◇      d = ◇      e = ◇

12	Turba	Lignito Suave	Lignito Duro	Hulla	Antracita
----	-------	---------------	--------------	-------	-----------

2.2.1.2. Ambiente de Formación: En los tipos de carbón descritos anteriormente, los restos vegetales se acumulan en cuerpos de agua de circulación restringida, especialmente en planicies deltáicas y pantanos.

- 03  Deltáico: Ambiente transicional continental-marino
- 15  Palustre: Ambientes continentales o continental marino que presentan un Eh reductor
- 17  (Código libre)


2.2.1.3. Estructuras: Este punto se refiere a la forma geométrica del yacimiento. Esta puede ser originada al momento del depósito (mantos) o estar modificada por procesos tectónicos posteriores. Se representa mediante barras oblicuas alrededor del símbolo interior.

- 28  Mantos continuos: capas o estratos mas o menos continuos
- 68  Lentes y lentejones: cuerpos discontinuos acuñados, aislados unos de otros
- 24  Mantos discontinuos: estratos carboníferos desplazados por fallas

2.2.1.4. Tamaño del Yacimiento: Este parámetro representa el tamaño relativo del yacimiento en millones de toneladas. No tendrá representación gráfica.

- A = Grande  
B = Mediano  
C = Pequeño  
D = Sin dato

2.2.1.5. Tipo de Yacimiento: El símbolo para cualquier localidad carbonífera sera un anillo grueso.

- 12  Yacimiento de Carbón




2.2.1.6. Edad de la Mineralización: Esta información está representada por una barra exterior al símbolo

00 : Desconocida	05 : Cretacico Temprano
01 : Precámbrico	06 : Cretacico Tardío
02 : Paleozoico	07 : Terciario Temprano
03 : Triásico	08 : Terciario Tardío
04 : Jurásico	09 : Cuaternario

### 2.2.2. URANIO

La clasificación y nomenclatura de localidades uraníferas se apega a la clasificación metalogenética de yacimientos metálicos de México. En ella se incluyen:

SIMBOLO	DESCRIPCION	CODIGO
	I. Contenido mineralógico: U-V	(09c)
	II. Ambiente metalogenético: Arco magmático continental	(07)
	III. Ambiente ígneo asociado: Volc. continental ácido	(24)
	IV. Tamaño: anomalía importante	(D)
	V. Tipo de yacimiento: Volcanico en rocas ácidas	(08)
	VI. Edad de la mineralización: Terciario temprano	(07)

2.2.2.1. Contenido Mineralógico: La asociación de elementos radiactivos más común es la de uranio-torio para la cual existen códigos específicos. No obstante, el código también incluye al vanadio que sin ser un material radiactivo se asocia generalmente con estos elementos.

Código      a=○      b=□      c=◇      d=◇      e=◇

09	U	V (No ener- gético)	U-V	Th	U-Th
----	---	---------------------------	-----	----	------

Ejemplos de minerales de uranio y torio:

U : Uraninita, pechblenda  
 U-Th : Torbernita, carnotita  
 Th : Torianita

2.2.2.2. Ambiente Metalogenético: En términos generales los yacimientos de uranio se restringen a dos ambientes metalogenéticos regionales:

- 03 ○ (Código libre)
- 07 ○ Arco magmático continental: Ambientes subvolcánicos, intrusivos y/o hidrotermal, característicos de ambientes convergentes o tectónicos activos
- 37 ○ Zonas continentales tectónicamente estables: ambientes continentales, marinos y mixtos. Se incluyen rocas de recubrimiento de plataforma y planicies costeras

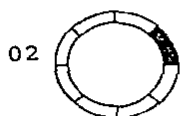
2.2.2.3. Ambiente Igneo Asociado: Para aquellos yacimientos relacionados con algún tipo de actividad ígnea (arcos magmáticos continentales) existen varios órdenes petrológicos a los cuales se pueden asociar. Estos pueden ser volcánicos o intrusivos. La composición varía entre miembros intermedios a ácidos.

- 04 🔍 Igneo intrusivo ácido: granito, granodiorita, cuarzomonzonita, tonalita
- 24 🔍 Volcánico continental ácido: riolitas, dacitas, riodacitas
- 28 🔍 Sin relación ígnea
- 48 🔍 Volcánico continental intermedio: andesitas

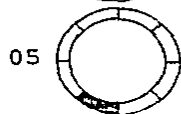
2.2.2.4. Tamaño del Yacimiento: Este dato únicamente se representará en el código pero no tendrá representación gráfica

- A = Grande : Mayor a 10,000 toneladas de U3O8  
B = Mediano : Entre 10,000 y 100 toneladas de U3O8  
C = Pequeño : Menor de 100 toneladas de U3O8  
D = Anomalía: Anomalía radiométrica importante  
F = Sin dato

2.2.2.5. Tipo de Yacimiento: Los yacimientos de uranio se clasifican genéticamente de acuerdo al tipo de proceso que les dio origen. Este dato se representa mediante sectores sombreados dentro del anillo exterior del símbolo.



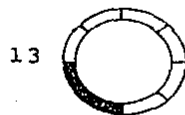
Sedimentario químico: en areniscas y conglomerados



Sedimentario químico: en fosforitas



Volcánico en rocas ácidas



Hidrotermal de mediana temperatura: chimeneas, vetas y stockworks



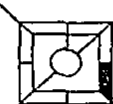
Lixiviación por aguas frías

2.2.2.6. Edad de la Mineralización: Este dato será representado por una barra exterior al símbolo

00 : Desconocida	05 : Cretacico Temprano
01 : Precámbrico	06 : Cretacico Tardío
02 : Paleozoico	07 : Terciario Temprano
03 : Triásico	08 : Terciario Tardío
04 : Jurásico	09 : Cuaternario

### 2.2.3. HIDROCARBUROS

Encontrar términos equivalentes entre yacimientos de uranio, geotermia, carbón e hidrocarburos es un propósito muy polémico. No obstante, se proponen aquí algunos códigos y símbolos de los parámetros que tienen mayor incidencia en la caracterización de un campo petrolero.






SIMBOLO	DESCRIPCION	CODIGO
	I. Tipo de hidrocarburo: Aceite pesado	(14a)
	II. Roca almacenadora: caliza arrecifal	(01)
	III. Estructuras y trampas: Trampa por falla	(26)
	IV. Tamaño del yacimiento: Gigante	(B)
	V. Profundida de la zona productora: 2,000 a 3,000 m	(08)
	VI. Edad de la zona productora: Terciario temprano	(07)






2.2.3.1. Tipo de Hidrocarburo: Con base en la clasificación de la API se distinguen los siguientes tipos de hidrocarburos:

Código      a= ○      b= □      c= ◇      d= ◊      e= ◀











14	Aceite Pesado 19-25 API	Aceite Ligero 25-35 API	Aceite Volatil 35-45 API	Gas y Condensado > 45 API	No Precisado
----	----------------------------	----------------------------	-----------------------------	------------------------------	--------------

2.2.3.2. Roca Almacenadora: Del gran número y variedad de rocas almacenadoras en los yacimientos mexicanos se han seleccionado las más frecuentes.

- 01  Caliza arrecifal: roca calcárea compuesta en su mayor parte por restos de organismos que se encuentran acomodados en la posición en que vivieron (Boundstone)
- 03  Caliza oolítica: roca formada por oolitos esféricos y fragmentos de organismos (Grainstone de oolitos)
- 05  Caliza dolomítica: roca compuesta por mayor cantidad de carbonato de calcio y una menor de dolomita
- 07  Caliza: Nombre genérico para una roca calcárea sin una descripción específica
- 13  Brecha calcárea: roca formada por fragmentos de carbonato de calcio, arrancados de facies arrecifales y depositados en facies de talud de una plataforma calcárea

- 15  Dolomia: roca formada por más de un 80% de dolomita
- 17  Arenisca: roca constituida por fragmentos del tamaño de las arenas, con matriz o cementante
- 35  Arenas y gravas: agregados de materiales tamaño de las arenas y gravas
- 57  Rocas volcánicas: flujos de lava y depósitos piroclásticos
- 71  (Código libre)









2.2.3.3. Estructuras y Trampas: Se representarán con barras inclinadas alrededor del símbolo interior.

- 02  Estructuras anticlinales
- 04  Estructuras homoclinales
- 06  Estructuras sinclinales
- 08  Domos salinos: hidrocarburos atrapados en la parte superior de estas estructuras
- 24  Discordancias
- 26  Trampas por fallas (normales o inversas)
- 28  Cambios de facies: variación de propiedades de permeabilidad por variaciones laterales en litología o texturas
- 46  Trampas diagenéticas: impedimento de la migración de hidrocarburos por cambios en la porosidad; efectos post-depósito
- 48  Trampas estratigráficas: no hay circulación de fluidos por cambios litológicos verticales
- 68  Trampa o estructura no determinada

2.2.3.4. Tamaño del yacimiento:

- A : Supergigante
- B : Gigante
- C : Grande
- D : Mediano
- E : Pequeño
- F : Sin dato

2.2.3.5. Profundidad de la zona productora: Intervalo de profundidad en el cual se encuentra el yacimiento principal

01		0 - 1000 m
02		1000 - 2000 m
03		2000 - 3000 m
04		3000 - 4000 m
05		4000 - 5000 m
06		5000 - 6000 m
07		6000 - 7000 m
08		Mayor a 7000 m

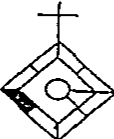
2.2.3.6. Edad de la Zona Productora:

- |                  |                         |
|------------------|-------------------------|
| 00 : Desconocida | 05 : Cretacico Temprano |
| 01 : Precámbrico | 06 : Cretacico Tardío   |
| 02 : Paleozoico  | 07 : Terciario Temprano |
| 03 : Triásico    | 08 : Terciario Tardío   |
| 04 : Jurásico    | 09 : Cuaternario        |

NOTA: Se han incluido periodos en los que evidentemente no existen hidrocarburos (Precámbrico) con el fin de ser consistente con la nomenclatura de otros recursos naturales.

2.2.4. GEOTERMIA

Un sistema geotermal es un sistema de transferencia de calor en el manto superior o en la corteza terrestre con o sin transferencia de fluido. Los parámetros más importantes que caracterizan a dicho sistema incluyen:

SIMBOLO	DESCRIPCION	CODIGO
	I. Tipo de fluidos: Sódico-Clorurado	(18a)
	II. Tipo de Manifestación: Descarga directa	(03)
	III. Fuente calorífica: Subvolcánica	(04)
	IV. Temperatura del Yacimiento: 100-200	(C)
	V. Tipo de sistema geotérmico: Vapor	(06)
	VI. Edad de la zona productora: Cuaternario	(09)

2.2.4.1. Tipos de Fluidos: De acuerdo a la naturaleza química de los fluidos muestreados en las manifestaciones termales se proponen los siguientes símbolos interiores para mostrar los componentes predominantes (anión y catión).

Código      a= ○                  b= □                  c= ◇                  d= ◊                  e= ◀

18	Na-Cl	Na-HCO <sub>3</sub>	Na-SO <sub>4</sub>	Mg	Ca-SO <sub>4</sub>
----	-------	---------------------	--------------------	----	--------------------











Código      a =                  b =                  c =                  d =                  e =

19	SO <sub>4</sub>	HCO <sub>3</sub>	No Determinado	Ca-HCO <sub>3</sub>	
----	-----------------	------------------	----------------	---------------------	--



Algunos ejemplos de tipos de fluidos geotermiales:

- Aguas Sódico-Cloruradas                  (18a)
- Aguas Sódico-Bicarbonatadas              (18b)
- Aguas Sódico-Sulfatadas                  (18c)
- Aguas Magnesianas                          (18d)
- Aguas Cálcico-Sulfatadas                  (18e)
- Aguas Sulfatadas                            (19a)
- Aguas bicarbonatadas                      (19b)




2.2.4.2. Tipo de Manifestación: Existen diferentes tipos de manifestaciones termales superficiales. Las más frecuentes son las siguientes:

- |    |   |   |
|----|---|---|
| 01 |    | Descarga difusa: suelos calientes a temperaturas menores a 30°C, suelos vaporizantes a temperaturas mayores a 30°C, acantilados vaporizantes y albercas calientes |
| 03 |    | Descarga directa o concentrada: manantiales tibios (temp. menor a 50°C), manantiales calientes (temp. mayor a 50°C)   |
| 05 |    | Descarga intermitente: géiseres   |
| 07 |    | Descarga catastrófica: erupciones hidrotermales   |
| 13 |    | Pozo: aprovechamientos de aguas subterráneas y pozos geotérmicos  |
| 15 |    | Manantial   |
| 17 |    | Volcán de lodo  |
| 35 |    | No determinada  |
| 53 |   | Fumarolas: descargas de vapor   |
| 57 |  | Código libre  |

2.2.4.3. Fuente Calorífica: Se representará con barras oblicuas alrededor del símbolo interior.

- |    |   |   |
|----|---|---|
| 02 |  | Intrusivo: rocas ígneas plutónicas en proceso de enfriamiento   |
| 04 |  | Subvolcánico (calderas): actividad ígnea reciente asociada a vulcanismo y sus productos de enfriamiento |



- 06  Volcanismo reciente: anomalías térmicas asociadas a volcanes de reciente erupción
- 08  Desconocida
- 24  Gradiente geotérmico anómalo: anomalías termales sin aparente relación ígnea



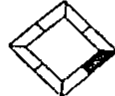
2.2.4.4. Temperatura del yacimiento: temperatura medida a fondo de pozo mediante sondas, o bien, calculada a partir de geotermómetros.



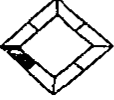



- A : Menor a 50°C  
B : 50 - 100°C  
C : 100 - 200°C  
D : 200 - 300°  
E : Mayor a 300°C

2.2.4.5. Tipo de sistema geotérmico: Los sistemas geotermales se clasifican de acuerdo a los siguientes parametros:

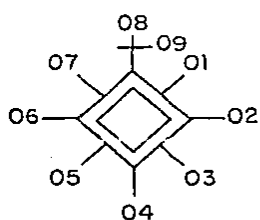
- Naturaleza del fluido dominante (agua caliente o vapor)
- Concentración de componentes químicos
- Componente dominante en la fase gaseosa
- Entalpía del fluido
- Descarga superficial de calor
- Naturaleza de las rocas encajonantes y su permeabilidad
- Naturaleza de la fuente de calor

Con base en estos parametros los sistemas geotermales se clasifican en:

- 01  Manantial tibio (warm spring): baja entalpía, bajas concentraciones, fuente de calor normal o ligeramente anómala
- 02  Sistemas geotermales geopresurizados: entalpía baja a intermedia, aguas que acompañan a los hidrocarburos, altas concentraciones químicas, flujo de calor normal
- 03  Manantial caliente (hot spring): entalpía intermedia, concentraciones bajas a intermedias, flujo de calor anómalo

- 04  Sistemas de agua caliente (hot water system): entalpía alta, concentraciones intermedias, fuente de calor anómala, rocas ígneas fundidas
- 05  Sistemas de salmueras (brine systems): concentraciones altas, descarga mucho menor, fluidos con alta densidad
- 06  Sistemas de vapor dominante: muy alta entalpía, concentraciones bajas a intermedias, fuente de calor superficial
- 07  Sistema de vapor seco:
- 08  Desconocido
- 09  Sistemas híbridos: entalpía alta, gases volcánicos muy calientes, vapor y condensado con alta concentración, rocas fundidas a niveles someros. Caso límite entre un sistema volcánico y uno hidrotermal.

2.2.4.6. Edad de la zona productora:



- |                  |                         |
|------------------|-------------------------|
| 00 : Desconocida | 05 : Cretacico Temprano |
| 01 : Precámbrico | 06 : Cretacico Tardío   |
| 02 : Paleozoico  | 07 : Terciario Temprano |
| 03 : Triásico    | 08 : Terciario Tardío   |
| 04 : Jurásico    | 09 : Cuaternario        |



## CAPITULO 3

### ANALISIS MULTIVARIABLE

#### 3.1. INTRODUCCION

Cuando en el estudio de un fenómeno intervienen parámetros de distinta naturaleza, en que cada uno de ellos aporta una fracción de la información del fenómeno total, cuyo valor no se conoce, es conveniente emplear técnicas de análisis de información que den alguna idea primero de la influencia individual y luego de la colectiva de tales parámetros.

El primer paso en el análisis de información se refiere a la variación individual de cada parámetro mediante la determinación de los estadísticos fundamentales de tendencia central como son media, desviación estándar, frecuencia y valores extremos de variación de los datos. Estos estimadores proporcionan criterios muy útiles para la interpretación preliminar de la información a través de histogramas, modelos de distribución y rangos naturales de variación de un parámetro. Debe recordarse que en esta etapa del análisis los resultados obtenidos se refieren a la información global, no se evidencian interrelaciones entre las distintas variables ni los efectos de la geometría de los datos.

La segunda etapa comprende el análisis de correlación entre variables mediante técnicas de análisis factorial. El análisis factorial reestructura la información creando un número mínimo de variables que son combinaciones lineales de las variables originales de tal forma que las nuevas variables contienen la misma cantidad de información. Claro está, el análisis factorial no resuelve por sí mismo el problema ya que los resultados que éste produzca requerirán siempre de un razonamiento geológico a fin de entender la naturaleza de las nuevas variables (matemáticas) creadas. Para el caso del presente estudio, el número total de variables es de 26, las cuales cubren una diversidad de tópicos con relaciones no siempre evidentes entre ellas. Así, por ejemplo, dentro de las variables químicas se tienen las composiciones en ppm de iones como Na, Ca, Mg, Cl, y K, entre otros, los cuales habrán de ser correlacionados con otras mediciones como el pH, la temperatura superficial, la conductividad eléctrica del fluido o la edad de la roca almacenadora. Precisamente, la diversidad en el tipo de variables entre las cuales se buscan interrelaciones exige que en su procesamiento se incluyan técnicas de análisis como la mencionada.

La última etapa del análisis de información geológica centra su atención en la organización geométrica de los datos. De acuerdo a la distribución espacial de la información y a la variabilidad de ésta a lo largo de ciertas direcciones definidas por el analista, se determinan las distancias máximas de influencia de cada dato. El resultado es un semivariograma por cada variable en el que están implícitos la calidad de la información y la variancia de ésta en las direcciones seleccionadas. La consecuencia inmediata al efectuar este tipo de procesamiento es conocer la distribución regionalizada de cada variable; es decir, definir grupos de información homogénea. En términos geológicos, la teoría de las variables regionalizadas permitirá definir la configuración de posibles provincias geológicas, específicamente, provincias geotérmicas. Como auxilio en la graficación de configuraciones de variables se recomienda la utilización de técnicas de Kriging lineal.

### 3.2. LOS DATOS

Las fuentes documentales utilizadas en el presente estudio proceden en su mayor parte de informes generados por la Comisión Federal de Electricidad, así como de datos generados por el Instituto de Investigaciones Eléctricas y la Secretaría de Minas e Industria Paraestatal. También se utilizó información publicada en revistas como Geothermics, Geotermia y Geofísica Internacional. No obstante que son muy diversas las fuentes consultadas la calidad de la información se revelará al momento de efectuar su análisis. Por la índole de los procesamientos aquí utilizados, en los que se combinan estimadores estadísticos tradicionales con otros que involucran la estructura y geometría de los datos, de existir fuertes discrepancias en ellos, los resultados serán completamente ininterpretables, incoherentes, e inconsistentes con otros hechos geológicos ya conocidos. La mejor prueba de la calidad de una información es la concordancia de esta con hechos conocidos por otros procedimientos.

### 3.2. ANALISIS GEOESTADISTICO

Las técnicas geoestadísticas han surgido y tenido su mayor aplicación en la evaluación de yacimientos minerales tocando tópicos como cálculo de reservas, leyes de corte, distribución de leyes y distribución de parámetros metalogenéticos, entre otros. La escala de observación de los parámetros mencionados es de cientos de metros, escalas para las cuales los modelos han demostrado su confiabilidad. Para el caso presente, la utilización de modelos geoestadísticos a escalas continentales constituye un experimento cuyos resultados podrá evaluar el lector. El orden en la exposición incluye: i) Análisis de estadísticos de tendencia central; ii) Análisis de semivariogramas y iii) Configuración tipo Kriging lineal. En otro inciso se efectuarán análisis de correlación y análisis factorial

### 3.2.1. LONGITUD

Efectuando un análisis de Este a Oeste, la distribución de manifestaciones geotermales en la República Mexicana presenta cuatro agrupamientos con respecto a la longitud geográfica. El histograma de figura 3.1 muestra una distribución de valores aproximadamente normal, con agrupamientos de valores que corresponden a las regiones siguientes:

Baja California Norte: contiene cerca del 3% de las manifestaciones termales conocidas, la mayoría asociadas al Sistema de Fallas de San Andrés.

Noroccidente de Mexico: comprende las manifestaciones detectadas en la Sierra Madre Occidental y las del Estado de Chihuahua. Constituyen más del 13% de los puntos estudiados.

Cinturón Volcánico Transmexicano: es la región con el mayor número de localidades termales registradas, constituyendo cerca del 79% de los puntos censados.

Costa del Pacífico Sur: constituida por las manifestaciones termales ubicadas en los estados de Guerrero, Oaxaca y Chiapas, constituyendo más del 2% de las localidades conocidas. No obstante este valor tan pequeño en el porcentaje de distribución, lo que resalta de esta zona es la disposición geográfica de los datos, la mayoría de los cuales se alinean en forma paralela a la línea de costa. También son notorios los agrupamientos de datos en las regiones de los volcanes de El Chichón y Tacaná, muchos de cuyos registros provienen de fechas anteriores a 1964. Obsérvese también el agrupamiento de datos en las costas del Estado de Guerrero.

Nota: Las manifestaciones termales que se ubican en la región nororiental de México (Estados de Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas) se encuentran distanciadas entre sí y no se reflejan en el histograma. Constituyen aproximadamente el 3% de los puntos considerado

### 3.2.2. LATITUD

El análisis de la distribución de localidades termales en dirección Norte-Sur dio por resultado el histograma de la figura 3.2. La gráfica obtenida es de tipo polimodal en la que destacan tres agrupamientos, correspondientes a la Región Pacífico Sur, Cinturón Volcánico Trans-Mexicano y Noroeste de México.

Costa del Pacífico Sur: constituida por las anomalías costeras de los Estados de Oaxaca, Guerrero y Chiapas, que en conjunto forman el 3% de las localidades estudiadas. Sus características son las descritas en el inciso anterior.

Clase	Frecuencia	Densidad
0-10	1	0.001
10-15	2	0.004
15-20	3	0.006
20-25	4	0.008
25-30	5	0.010
30-35	6	0.012
35-40	7	0.014
40-45	8	0.016
45-50	9	0.018
50-55	10	0.020
55-60	11	0.022
60-65	12	0.024
65-70	13	0.026
70-75	14	0.028
75-80	15	0.030
80-85	16	0.032
85-90	17	0.034
90-95	18	0.036
95-100	19	0.038
100-105	20	0.040
105-110	21	0.042
110-115	22	0.044
115-120	23	0.046
120-125	24	0.048
125-130	25	0.050
130-135	26	0.052
135-140	27	0.054
140-145	28	0.056
145-150	29	0.058
150-155	30	0.060
155-160	31	0.062
160-165	32	0.064
165-170	33	0.066
170-175	34	0.068
175-180	35	0.070
180-185	36	0.072
185-190	37	0.074
190-195	38	0.076
195-200	39	0.078
200-205	40	0.080
205-210	41	0.082
210-215	42	0.084
215-220	43	0.086
220-225	44	0.088
225-230	45	0.090
230-235	46	0.092
235-240	47	0.094
240-245	48	0.096
245-250	49	0.098
250-255	50	0.100

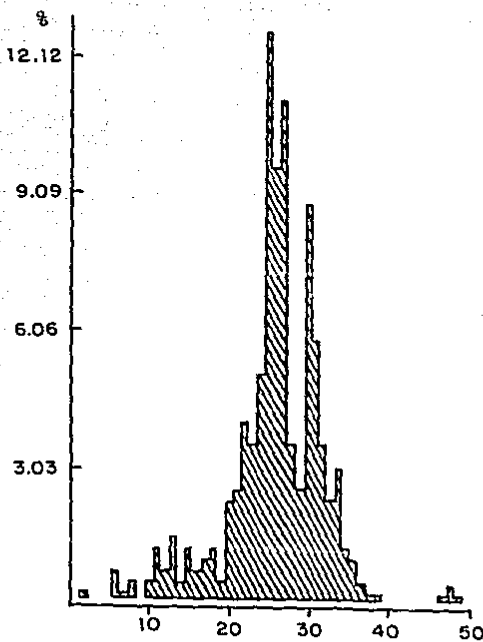


Fig. 3.1. Histograma experimental de la variable Longitud. La columna de la izquierda corresponde a la marcas de clase.

Intervalo de Clase	Frecuencia
1697739.001	1
1707739.001	1
1717739.001	1
1727739.001	1
1737739.001	1
1747739.001	1
1757739.001	1
1767739.001	1
1777739.001	1
1787739.001	1
1797739.001	1
1807739.001	1
1817739.001	1
1827739.001	1
1837739.001	1
1847739.001	1
1857739.001	1
1867739.001	1
1877739.001	1
1887739.001	1
1897739.001	1
1907739.001	1
1917739.001	1
1927739.001	1
1937739.001	1
1947739.001	1
1957739.001	1
1967739.001	1
1977739.001	1
1987739.001	1
1997739.001	1
2007739.001	1
2017739.001	1
2027739.001	1
2037739.001	1
2047739.001	1
2057739.001	1
2067739.001	1
2077739.001	1
2087739.001	1
2097739.001	1
2107739.001	1
2117739.001	1
2127739.001	1
2137739.001	1
2147739.001	1
2157739.001	1
2167739.001	1
2177739.001	1
2187739.001	1
2197739.001	1
2207739.001	1
2217739.001	1
2227739.001	1
2237739.001	1
2247739.001	1
2257739.001	1
2267739.001	1
2277739.001	1
2287739.001	1
2297739.001	1
2307739.001	1
2317739.001	1
2327739.001	1
2337739.001	1
2347739.001	1
2357739.001	1
2367739.001	1
2377739.001	1
2387739.001	1
2397739.001	1
2407739.001	1
2417739.001	1
2427739.001	1
2437739.001	1
2447739.001	1
2457739.001	1
2467739.001	1
2477739.001	1
2487739.001	1
2497739.001	1
2507739.001	1
2517739.001	1
2527739.001	1
2537739.001	1
2547739.001	1
2557739.001	1
2567739.001	1
2577739.001	1
2587739.001	1
2597739.001	1
2607739.001	1
2617739.001	1
2627739.001	1
2637739.001	1
2647739.001	1
2657739.001	1
2667739.001	1
2677739.001	1
2687739.001	1
2697739.001	1
2707739.001	1
2717739.001	1
2727739.001	1
2737739.001	1
2747739.001	1
2757739.001	1
2767739.001	1
2777739.001	1
2787739.001	1
2797739.001	1
2807739.001	1
2817739.001	1
2827739.001	1
2837739.001	1
2847739.001	1
2857739.001	1
2867739.001	1
2877739.001	1
2887739.001	1
2897739.001	1
2907739.001	1
2917739.001	1
2927739.001	1
2937739.001	1
2947739.001	1
2957739.001	1
2967739.001	1
2977739.001	1
2987739.001	1
2997739.001	1
3007739.001	1

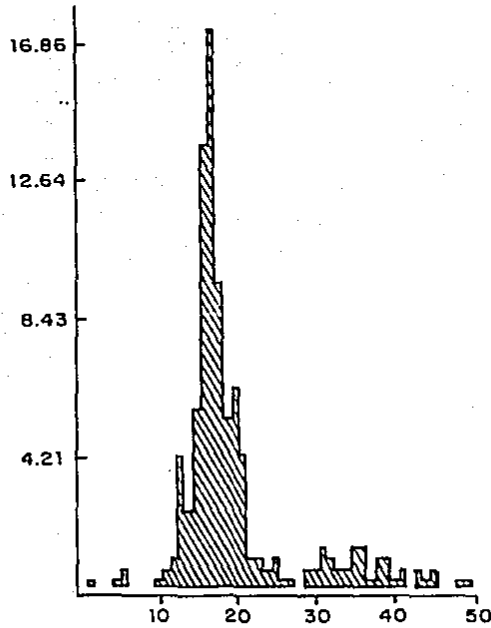


Figura 3.2. Histograma experimental de la variable Latitud. La columna de la izquierda representa las marcas de clase.

INTERVALOS DE CLASE



Cinturón Volcánico Transmexicano: la distribución de focos geotermales en el CVT presenta tres sub-regiones evidenciadas por sendos picos en el histograma respectivo. Estas corresponden al Agrupamiento Sur (Estado de Michoacán) constituida por las anomalías cercanas a los lagos de Yuriria, Cuitzeo y Pátzacuaro, alojadas todas en depresiones tectónicas. La segunda región se aloja a lo largo del CVT, denominada aquí, Porción Central, constituida por las manifestaciones en los Estados de Nayarit, Jalisco, Guanajuato, Querétaro, México, Hidalgo, Puebla y Veracruz. Dentro de esta subprovincia los focos termales se asocian a las depresiones tectónicas del occidente del CVT (Lagunas de Chapala, Zayula, Zopatlán y Atotonilco, entre otras) así como a lo largo de los ríos San Pedro Mezquital, Grande de Santiago, Ameca y Juchipila. Hacia el Centro y Este del CVT las anomalías termales se asocian a fracturamientos N-S y E-W, y se les encuentra indistintamente en diferentes estructuras volcánicas, incluyendo calderas, volcanes monogenéticos y estratovolcanes.

Noroccidente de México: Las anomalías geotermales de esta región, alojadas en rocas de la Sierra Madre Occidental, se caracterizan por presentar alineamientos en dirección Este-Oeste, los cuales se reflejan como picos en el histograma respectivo (Figura 3.2).

### 3.2.3. TEMPERATURA SUPERFICIAL DE LA MANIFESTACION

Las temperaturas superficiales medidas en 1356 manifestaciones de aguas termales (mayores a 30°C) tuvieron un valor promedio de 41.3°C. La distribución de los datos presenta un sesgo hacia los valores bajos encontrándose que el 86% de los datos caen en un intervalo de temperatura entre 30 y 50°C. El 14% restante tiene valores entre 50 y 100°C (Figura 3.3). Si bien es alto el porcentaje de temperaturas superficiales bajas debe entenderse que este valor se registra después de que el fluido a atravesado toda la columna litológica y que durante su trayecto se presentan pérdidas importantes de calor. La estimación (o medición cuando sea posible) de la temperatura del yacimiento dará una idea más aproximada de este parámetro.

El semivariograma de la temperatura superficial (Figura 3.4) mostró poca coherencia regional tanto en dirección Norte-Sur como Este-Oeste. Lo anterior significa que este parámetro tiene una amplia variabilidad y que dado un dato conocido no se puede pronosticar la dirección en que variará de una forma coherente. Es decir, que junto a un dato de alto valor se pueden presentar otros sensiblemente diferentes que no obedecen a un patrón definido (con los algoritmos utilizados). No obstante, las mayores concentraciones de curvas de isovalores se registraron en regiones previstas (CVT y SMO), con sensibles variaciones dentro de ellas. Como caso particular, se detectaron interesantes comportamientos de la temperatura superficial en la zona del Istmo de Tehuantepec (Figura 3.5).

HISTOGRAMA EXPERIMENTAL

\*\*\*\*\*

CLASIFICACION DE FRECUENCIAS

26.500	11	.00%
26.970	11	.00%
27.440	107	1.07%
27.910	135	1.35%
28.380	138	1.38%
28.840	761	8.53%
29.310	1231	14.07%
29.780	921	10.75%
30.250	761	8.72%
30.720	441	5.04%
31.190	641	7.36%
31.660	311	3.57%
32.130	371	4.26%
32.600	231	2.66%
33.070	221	2.54%
33.540	201	2.32%
34.010	151	1.73%
34.480	111	1.27%
34.950	111	1.27%
35.420	81	.93%
35.890	61	.70%
36.360	71	.81%
36.830	111	1.27%
37.300	101	1.16%
37.770	51	.59%
38.240	51	.59%
38.710	51	.59%
39.180	41	.47%
39.650	31	.35%
40.120	31	.35%
40.590	31	.35%
41.060	31	.35%
41.530	31	.35%
42.000	31	.35%
42.470	31	.35%
42.940	31	.35%
43.410	31	.35%
43.880	31	.35%
44.350	31	.35%
44.820	31	.35%
45.290	31	.35%
45.760	31	.35%
46.230	31	.35%
46.700	31	.35%
47.170	31	.35%
47.640	31	.35%
48.110	31	.35%
48.580	31	.35%
49.050	31	.35%
49.520	31	.35%
50.000	1	.01%

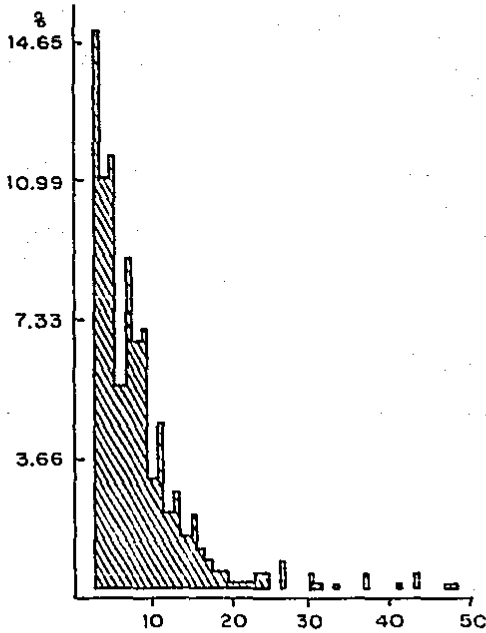
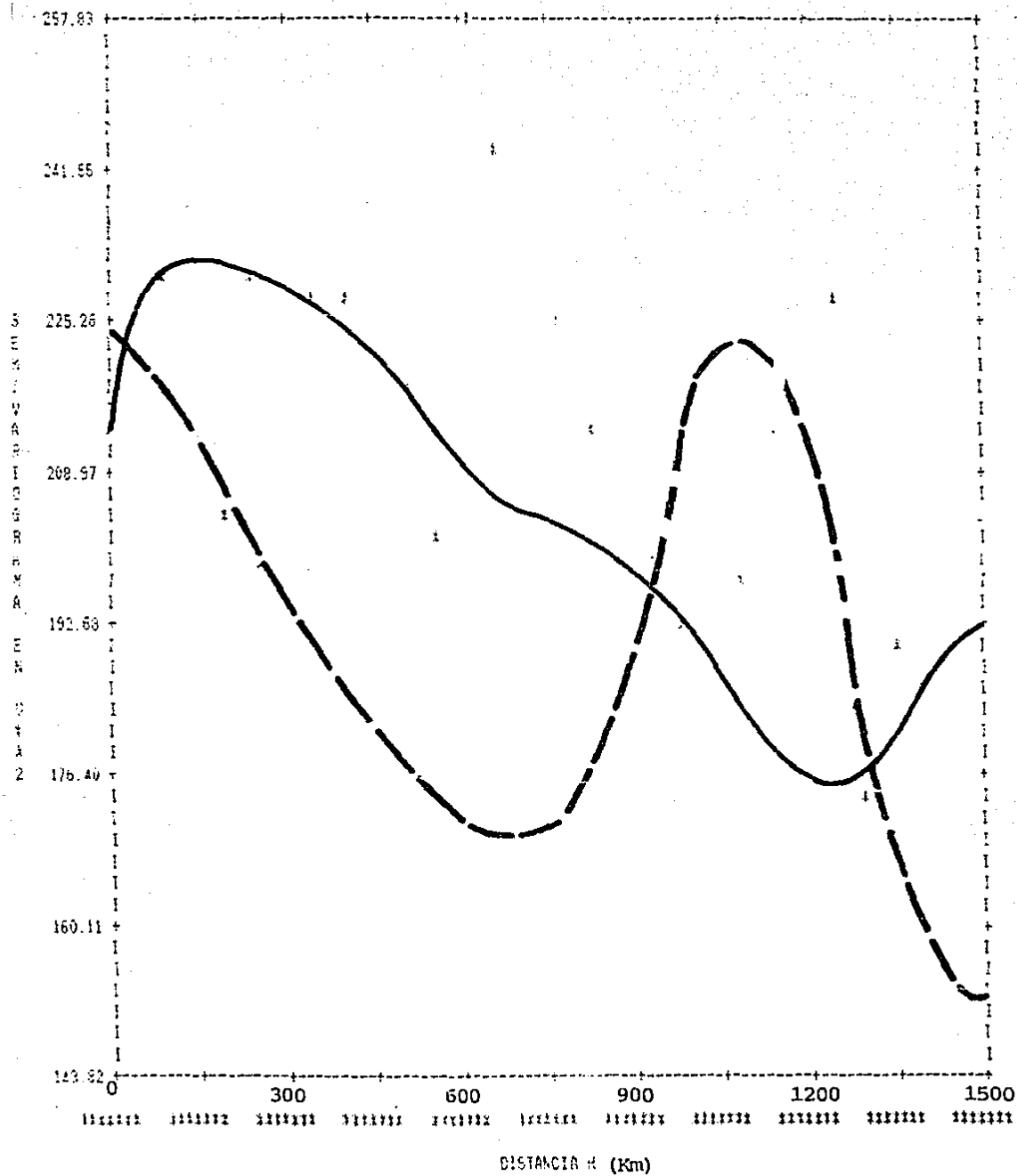


Figura 3.3. Histograma experimental de la variable Temperatura superficial. La columna de la izquierda representa las marcas de clase, en °C.

INTERVALOS DE CLASE

FIGURA 3.4. SEMIVARIÓGRAMA DE LA VARIABLE Temp Sup



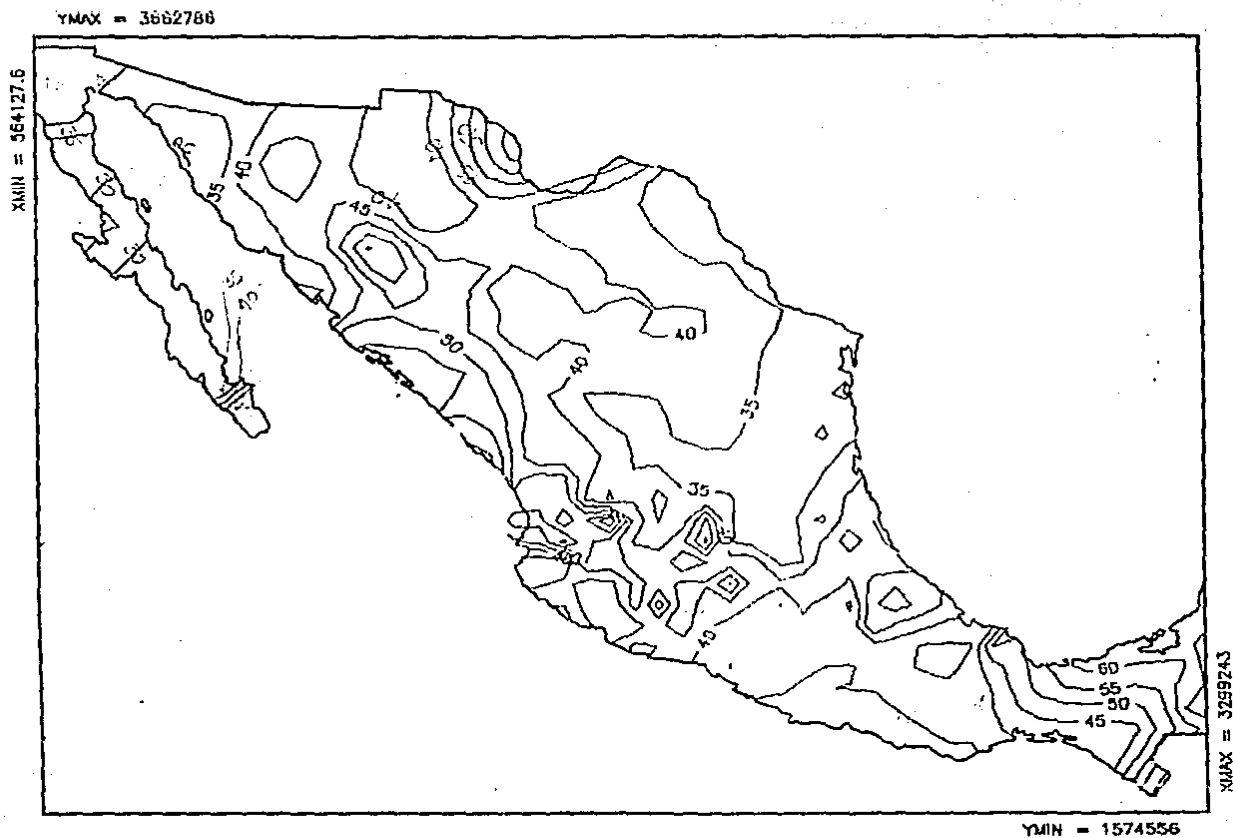


FIGURA 3.5. Configuración de la Temperatura superficial en aguas termales de México

#### 3.2.4. TIPO DE MANIFESTACION

Los tipos de manifestaciones termales reconocidas en este estudio incluyeron: descargas difusas, descargas directas concentradas, pozos, manantiales, fumarolas y volcanes de lodo. De 1339 localidades de las cuales se tenía este dato, el 57.13% fueron manantiales tibios a calientes, el 39.13% (524 puntos) correspondieron a pozos de agua (excluyendo los pozos perforados expresamente para geotermia) y el 3.29% a descargas directas concentradas. Se detectó un número reducido de manifestaciones tipo descarga difusa, fumarolas y volcanes de lodo que en conjunto alcanzan menos del 1%.

#### 3.2.5. TIPO DE SISTEMA GEOTERMICO

El 77% (1045 puntos) de las manifestaciones termales estudiadas corresponden a manantiales tibios de bajas concentraciones iónicas y baja entalpía. El 18% (243 localidades) son manantiales caliente de concentraciones bajas a intermedias y entalpías medias. El 5% de las manifestaciones restantes presentan características de sistemas de alta o muy alta entalpía, con concentraciones intermedias a altas. Los sistemas correspondientes a estas características son los de agua caliente y de vapor dominante.

#### 3.2.6. FUENTE CALORIFICA

La estrecha relación entre el CVM y las anomalías termales hace suponer que al menos las localizadas sobre dicha estructura tienen relación con procesos volcánicos. Precisar a qué tipo de etapa del proceso volcánico corresponden tales anomalías es una incógnita por resolver ya que los estudios hasta el momento no han profundizado en el establecimiento de ciclos volcánicos. Inclusive algunos campos en preparación para su producción aún no tienen suficientemente definido el modelo volcánico. Puede pensarse entonces que el 79% de las anomalías reconocidas en el CVT tienen como fuente calorífica estructuras volcánicas y subvolcánicas (calderas). Los focos termales del noroccidente de México y los de Baja California Norte (17%) tienen como fuente calorífica los flujos asociados a la tectónica de fallas de corrimiento predominantes en la región. En estas zonas de intensa actividad tectónica se facilitan los procesos de ascenso de magmas a lo largo de fallas profundas, así como la comunicación de flujo de calor profundo (zonas de gradientes geotérmico anómalos). Las manifestaciones restantes (4%), se asocian a posibles intrusiones en enfriamiento, correspondiendo a este grupo las del sur de San Luis Potosí y las de la Costa del Pacífico Sur.

El análisis de los semivariogramas de la fuente calorífica concuerda bastante bien con lo expuesto en los párrafos anteriores. Obsérvese por ejemplo, que la variabilidad de la información para distancias cortas (300-400 Km) es sensiblemente

lineal, con gradientes de variación mayores en dirección E-W que N-S (Figura 3.6). Esto significa que los tipos de fuentes termales en dirección E-W tendrán muchas variaciones y que los tipos de sistemas geotermales serán muy distintos entre sí a lo largo de la mencionada dirección. Por el contrario, la variabilidad en dirección N-S será menor, por lo cual posibilidad de que un campo se parezca a otro que se ubica al Norte o Sur de éste es mayor. Lo anterior tiene consecuencias importantes en todas las etapas de exploración y explotación ya que las propiedades de similitud en las direcciones acotadas darán indicatrices sobre las técnicas a utilizar. Dicho en otras palabras, las experiencias adquiridas en un campos como el de Los Azufres (Mich.) o el de La Primavera (Jal.), ubicados al Oeste, no serán aconsejables para otro ubicado muy al Este, como por ejemplo, Los Humeros. El pretender establecer normas generales de exploración y explotación para regiones muy distantes entre sí constituye en consecuencia un grave error, cuya magnitud dependerá de la dirección considerada.

### 3.2.7. EDAD

En concordancia con la ubicación fisiográfica de las manifestaciones de aguas termales, su distribución en el tiempo marca una predominancia hacia las rocas jóvenes. Así, el 36.7% se asocian a rocas Cuaternarias y el 45.94% a rocas formadas en el Terciario Superior. Por su parte, las anomalías registradas en rocas del Terciario Inferior (predominantemente intrusivas) representan el 5.59% de la población. Los datos restantes (12.39%) corresponden a rocas de edades más antiguas, predominando las rocas sedimentarias del Cretácico Inferior (calizas y areniscas).

El semivariograma de edad muestra el comportamiento típico de una variable cuasiestacionaria en cuya curva se forma una meseta a partir de una distancia dada (600 Km). Dicha distancia señala el orden de magnitud de grandes provincias geológicas (geotermales) en las que la edad de la roca es un parámetro determinístico. Si bien este dato no aporta para la configuración de provincias geológicas (las cuales ya conocemos), sí nos dice que las geotérmicas son de la misma magnitud. Más aún, nos señala que las formas de dichas provincias tenderán a estar más elongadas en dirección E-W que N-S ya que las mayores variancias de los datos se registran en el semivariograma E-W (Figura 3.7).

### 3.2.8. CAUDAL

De 1361 localidades estudiadas, solamente 637 tienen una estimación del volumen de agua caliente que aportan. Cabe agregar que la evaluación de caudales de pozos y manantiales se realiza en forma empírica por los que sus resultados deben tomarse con reserva. No obstante, desde un punto de vista práctico este dato es útil pues permite hacer cuantificaciones preliminares del flujo

FIGURA 3.6. SEMIVARIOSRAMA DE LA VARIABLE Fuente

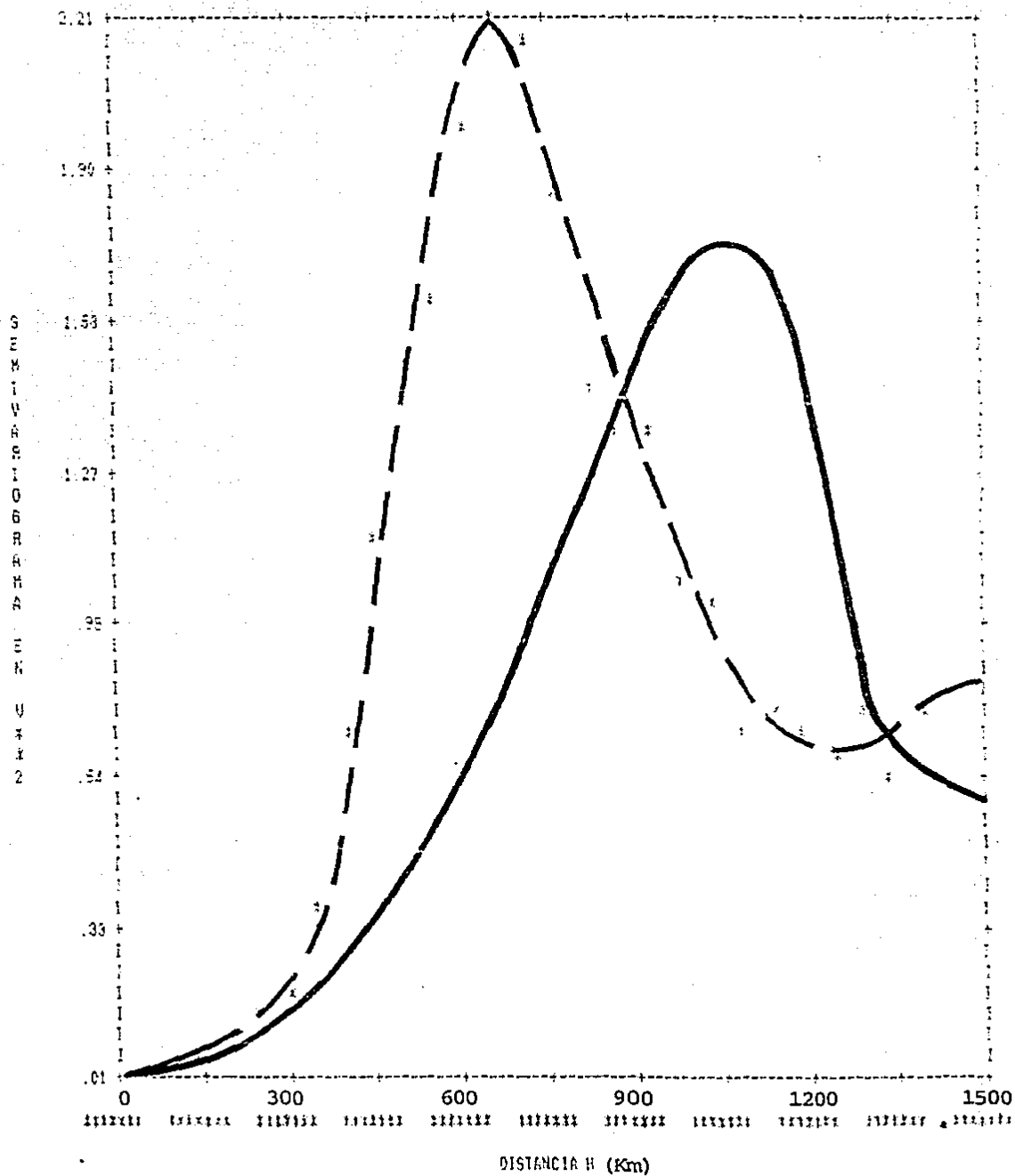
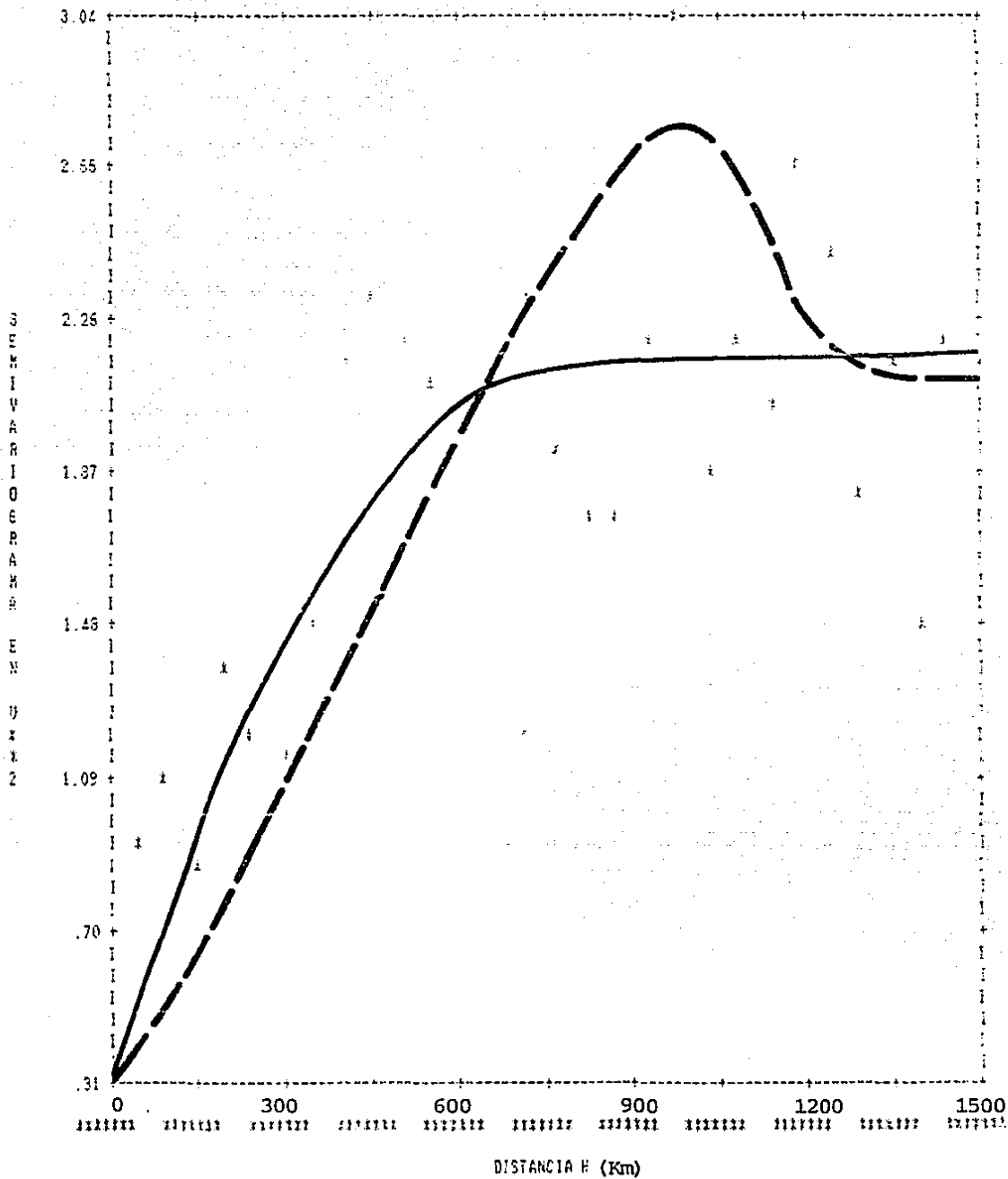


FIGURA 3.7. SEMIVARIOGRAMA DE LA VARIABLE Edad





de calor transportado a la superficie por el agua líquida. Los datos obtenidos se ilustran en la Tabla 3.1 en la cual se utilizó la fórmula de calor:

$$Q = mCp \Delta T,$$

donde Q es la cantidad de calor expresada en Kcal/seg, m la masa en kg/seg, Cp la capacidad calorífica del agua a presión constante (Kcal/Kg.°C), y  $\Delta T$  la diferencial de temperatura con respecto a la temperatura ambiente. Considerando que esta última tiene un valor promedio de 26°C y que la temperatura promedio de las manifestaciones termales fue de 41, el delta T resultante da 15°C, lo cual es un valor bastante conservador, considerando que las temperaturas en el fondo son varias veces esta cantidad.

TABLA 3.1. CANTIDAD DE CALOR TRANSPORTADA A LA SUPERFICIE POR LAS AGUAS TERMALES DE MEXICO. (Torres-odríguez, 1989)

lps	%Manif.	No.Man	Kcal/s
1	12.87	82	1230
2	8.79	56	1680
3	4.40	28	1260
4	3.14	20	1200
5	8.63	55	4125
6	1.41	9	810
8	2.20	12	1440
10	7.54	48	7200
20	7.67	46	13800
40	26.37	168	100800
80	7.85	50	60000
100	5.50	35	52500
200	3.62	23	69000
TOTAL	100.00	632	315045

No obstante las condiciones impuestas en el cálculo anterior, el dato obtenido da una idea de la cantidad de calor que es llevado a la superficie por las aguas termales en conjunto. Como los datos considerados solo tomaron en cuenta 632 manifestaciones el volumen total del las 1361 debe estar por el orden de 700,000 cal/seg. Cálculos similares podrían realizarse para conocer el potencial de calor para regiones específicas, a nivel estatal, o de provincia geotérmica. Dicha actividad queda propuesta para trabajos futuros.

En cuanto a determinaciones directas de flujo de calor en la actualidad se conocen 53 determinaciones en el continente, efectuadas en minas y pozos exploratorios (Figura 3.8). Estas han sido efectuadas por Ziagos y colaboradores (1985) y Smith et al., 1974, 1979. En una compilación realizada por Prol (1989) los valores de flujo térmico para el Cinturón Volcánico Trans-Mexicano van de 13 a 191  $\text{mW/m}^2$ , mientras que en la parte norte de México varía de 23 a 174.7  $\text{mW/m}^2$ . En general, los datos de la zona norte concuerdan con los obtenidos en Estados Unidos para la provincia térmica de Sierras y Valles y para la Provincia Central. En la parte norte se observaron algunos valores que podrían corresponder a la provincia del "Rift el Río Grande" (Prol, op. cit.).

Además de las determinaciones directas de flujo térmico Polak y colaboradores (1985) han realizado estimaciones indirectas con base en relaciones empíricas de isótopos de helio 3 y 4 en gases muestreados en manifestaciones geotérmicas superficiales. La estimación de flujo térmico usando la relación  $\text{He}3/\text{He}4$  (Polak et al, 1979 y Polak y Tolstikhin, 1985) supone que la presencia de  $\text{He}3$  está determinada por la descarga directa de gases provenientes del manto. Las 32 determinaciones de isótopos de helio en los campos de Los Azufres, Los Humeros y La Primavera dan valores de flujo térmico reducido mayores a 60  $\text{mW/m}^2$  el cual se considera como un valor "normal" de zonas geotermales (Prol, op. cit.) (Fig. 3.9).

### 3.2.9. ALCALINIDAD

A partir de 838 determinaciones de pH de aguas termales se obtuvo el histograma de la figura 3.10. Los valores extremos de pH son de 3.3 y 9.7 para los casos mínimo y máximo respectivamente. El valor medio dio 7.9 lo cual nos sugiere que las aguas termales de México son predominantemente alcalinas. Se observa en el histograma que existen algunos valores de pH frecuentes como 6.1, 7.0, y 8.1, señalados por picos en la figura. Estos valores, junto con otros caracterizadores de fluidos termales, servirán como base para la proposición de provincias geotermales, una vez que se grafiquen convenientemente en un plano coordenado.

El semivariograma de la variable pH presenta un comportamiento lineal muy marcado para distancias cortas (200-300 Km) así como la naturaleza cuasiestacionaria de dicha variable, sobre todo en la dirección N-S (Figura 3.11). La linealidad de un fenómeno nos permite formular modelos predictivos de su comportamiento a partir de un conjunto de datos conocido. Lo anterior se refleja inmediatamente en el tipo de configuración Kriging obtenida, donde las curvas son más suaves, así como por la ausencia de datos disparados (Figura 3.12). Nuevamente obsérvese la mayor variabilidad de la información en dirección E-W que en la N-S que nos conduce a apreciaciones similares a las descritas para las variables Edad y Fuente Calorífica.



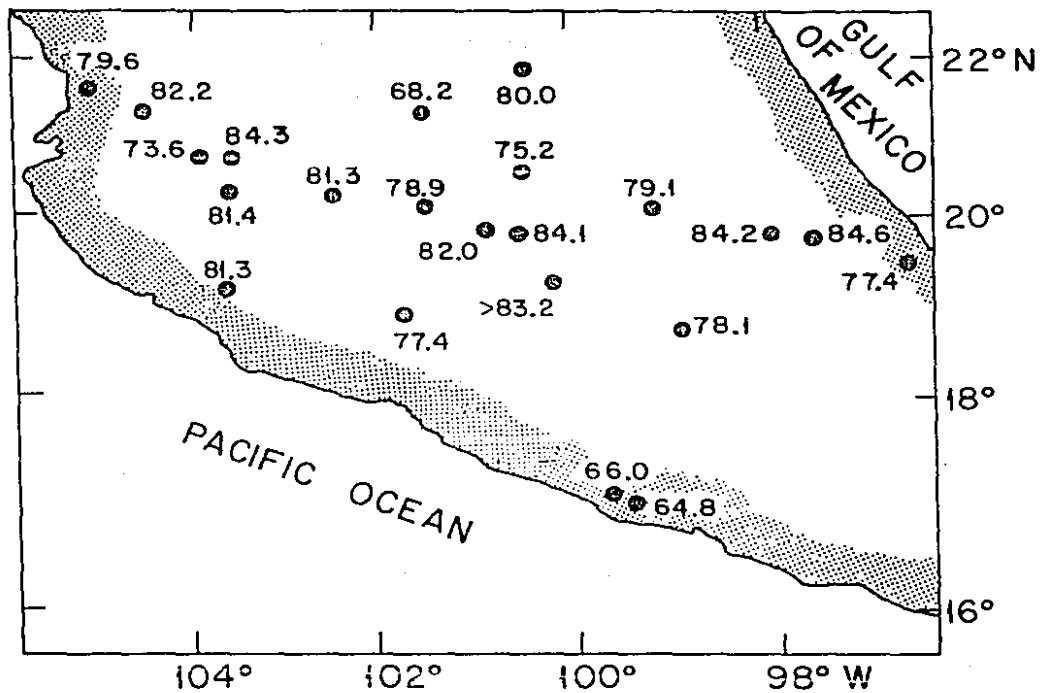


Figura 3.9. Estimaciones de flujo térmico en la zona de la Faja Volcánica Mexicana con base en la relación isotópica  $He^3/He^4$ . Tomada de Polak y otros (1985).

HISTOGRAMA EXPERIMENTAL

\*\*\*\*\*

LTA.	CUM.	FRQ.	FRQ.	CLASE
3.301	01	1.0000		
3.431	11	1.1000		
3.561	21	1.2000		
3.691	31	1.3000		
3.821	41	1.4000		
3.951	51	1.5000		
4.081	61	1.6000		
4.211	71	1.7000		
4.341	81	1.8000		
4.471	91	1.9000		
4.601	101	2.0000		
4.731	111	2.1000		
4.861	121	2.2000		
4.991	131	2.3000		
5.121	141	2.4000		
5.251	151	2.5000		
5.381	161	2.6000		
5.511	171	2.7000		
5.641	181	2.8000		
5.771	191	2.9000		
5.901	201	3.0000		
6.031	211	3.1000		
6.161	221	3.2000		
6.291	231	3.3000		
6.421	241	3.4000		
6.551	251	3.5000		
6.681	261	3.6000		
6.811	271	3.7000		
6.941	281	3.8000		
7.071	291	3.9000		
7.201	301	4.0000		
7.331	311	4.1000		
7.461	321	4.2000		
7.591	331	4.3000		
7.721	341	4.4000		
7.851	351	4.5000		
7.981	361	4.6000		
8.111	371	4.7000		
8.241	381	4.8000		
8.371	391	4.9000		
8.501	401	5.0000		
8.631	411	5.1000		
8.761	421	5.2000		
8.891	431	5.3000		
9.021	441	5.4000		
9.151	451	5.5000		
9.281	461	5.6000		
9.411	471	5.7000		
9.541	481	5.8000		
9.671	491	5.9000		
9.801	501	6.0000		
1	01	1.0000		

INTERVALOS DE CLASE

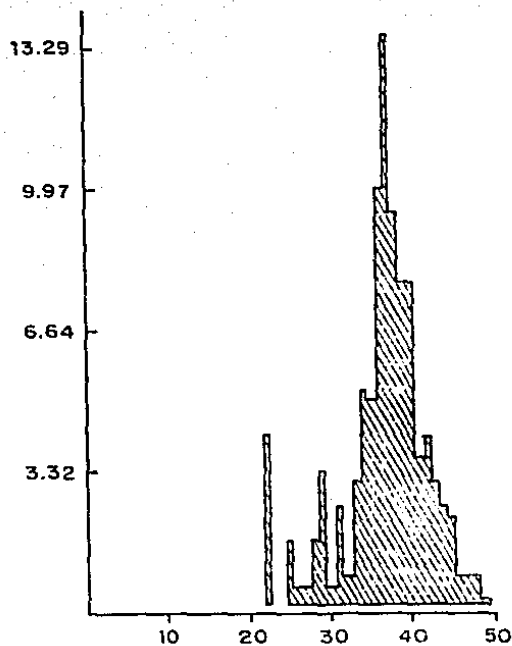


Figura 3.10. Histograma experimental de la variable pH. La columna de la izquierda representa las marcas de clase en unidades de pH.

FIGURA 3.11. SEMIVARIÓGRAMA DE LA VARIABLE  $PH$

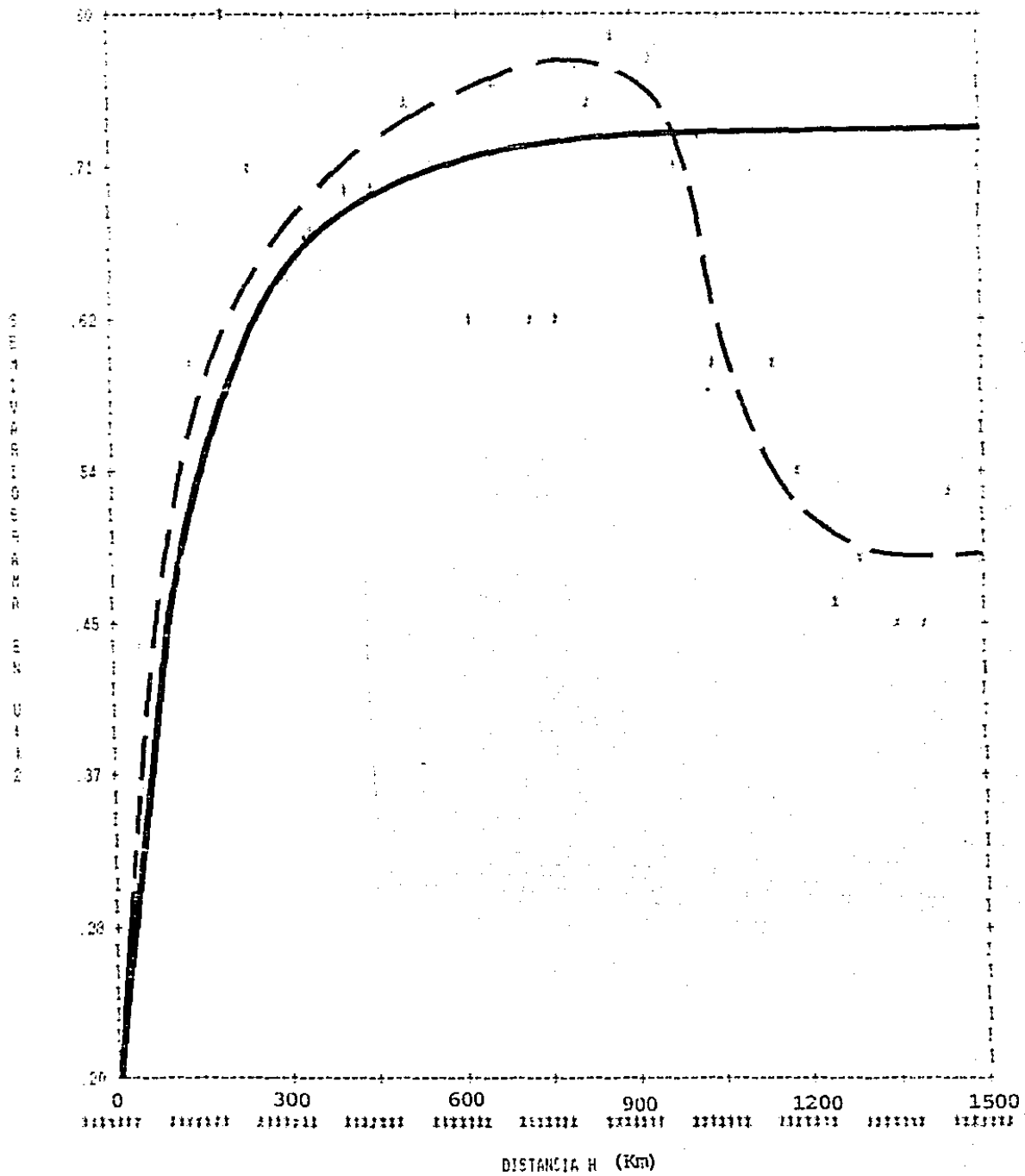
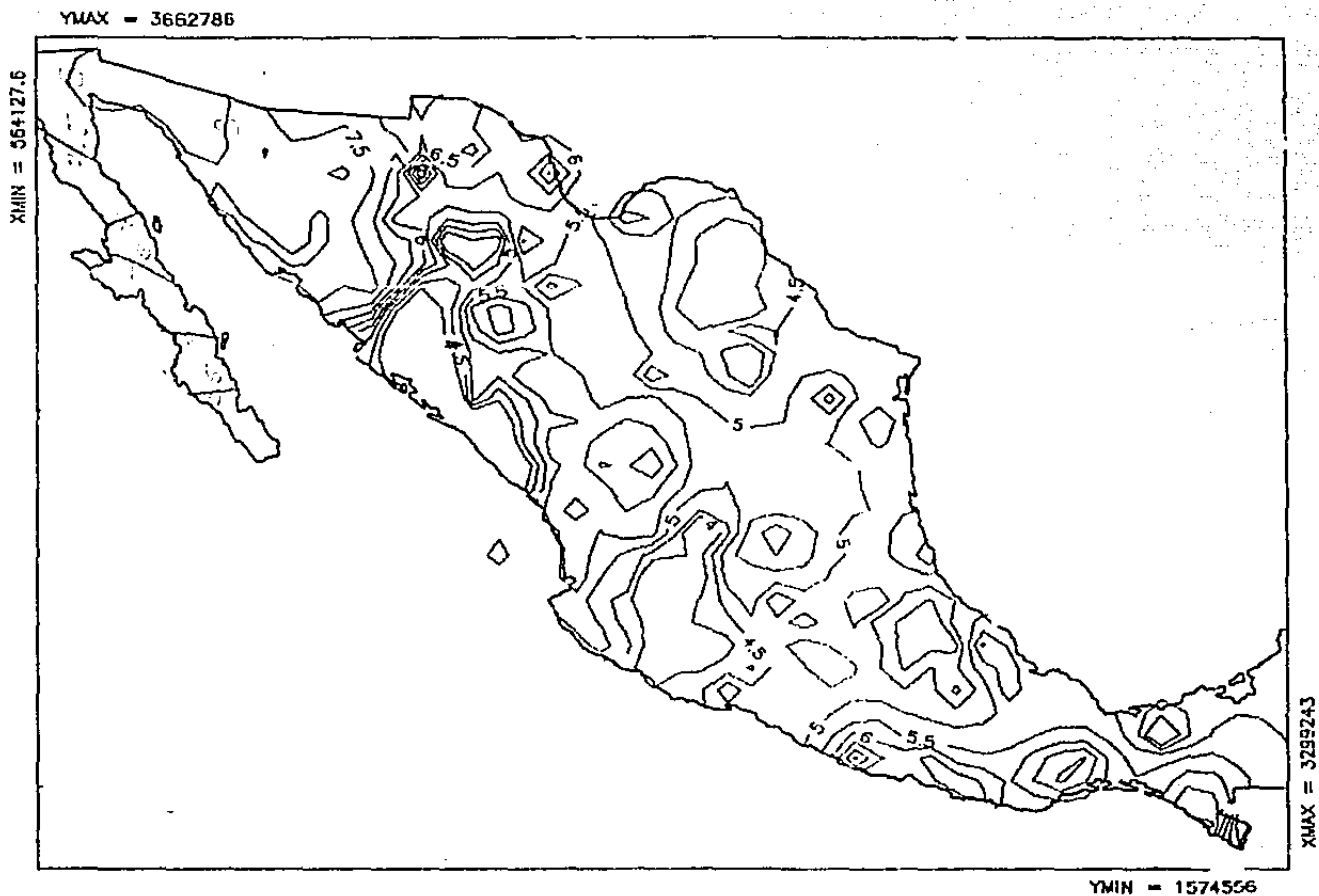


FIGURA 3. 12



CONFIGURACION DE PH DE AGUAS TERMALES (Torres,1989)

### 3.2.10. CONDUCTIVIDAD ELECTRICA

La conductividad eléctrica determinada en 773 localidades tiene valores mínimos y máximos de 50 y 72000 mmhos respectivamente, con una media de 645 mmhos (Figura 3.13). Estos datos muestran las variaciones extremas de salinidad de los fluidos termales. La mayoría de los datos caen dentro de la curva normalizada, mostrando que las salinidades bajas a moderadas son las predominantes en estos tipos de aguas.

Por su parte la configuración de isovalores de conductividad es uno de los mejores parámetros para definir las provincias geotermales. Obsérvense por ejemplo, las formas que adquieren las curvas en regiones como Baja California Norte, la porción sur de la Sierra Madre Occidental (a partir del paralelo 28), la porción oriental del CVT, así como la zona del Istmo de Tehuantepec, en cada una de las cuales el comportamiento es característico y distintivo (Figura 13.14)

### 3.2.11. COMPOSICION QUIMICA

La interpretación de los histogramas de cada componente químico en particular cumple un doble objetivo: primero, conocer los rangos naturales de variación de cada parámetro y, segundo, determinar la modalidad de sus distribuciones.

La composición química de las aguas termales muestra variaciones composicionales que se resumen en la Tabla 3.2. En ella puede observarse que el rango de variación es muy amplio, pero que estos valores extremos corresponden a datos aislados ya que el valor medio de los datos cae en valores que en general son bajos.

De acuerdo al número de crestas observables en los histogramas se definieron números de familias de datos que corresponden más estrictamente a regiones con calidades de agua similares para un componente dado. Así, por ejemplo, componentes como K, y SiO<sub>2</sub> tienen distribuciones aproximadamente normales, con una sola familia de datos. Otros, como el B, Na, Cl, Ca y Mg muestran distribuciones con dos familias de datos. Mayores variaciones se pueden observar para el litio y el sulfato los que forman tres y cuatro familias de datos respectivamente.



HISTOGRAMA EXPERIMENTAL

LN. MARCAS DE CLASE

1.051	01	00001
1.201	17	00001
1.461	01	00001
1.651	01	00001
1.841	01	00001
2.031	01	00001
2.221	01	00001
2.411	01	00001
2.601	01	00001
2.791	01	00001
2.981	01	00001
3.171	11	00001
3.361	01	00001
3.551	01	00001
3.741	01	00001
3.931	11	00001
4.121	41	00001
4.311	351	00001
4.501	401	00001
4.691	453	00001
4.881	653	00001
5.071	653	00001
5.261	68111	00001
5.451	95311	00001
5.641	753	00001
5.831	453	00001
6.021	011	00001
6.211	193	00001
6.401	273	00001
6.591	323	00001
6.781	233	00001
6.971	153	00001
7.161	123	00001
7.351	43	00001
7.541	53	00001
7.731	27	00001
7.921	23	00001
8.111	13	00001
8.301	13	00001
8.491	11	00001
8.681	11	00001
8.871	11	00001
9.061	01	00001
9.251	01	00001
9.441	01	00001
9.631	11	00001
9.821	01	00001
10.011	01	00001
10.201	01	00001
10.391	11	00001
10.581	01	00001
10.771	01	00001
10.961	01	00001
11.151	01	00001
11.341	01	00001

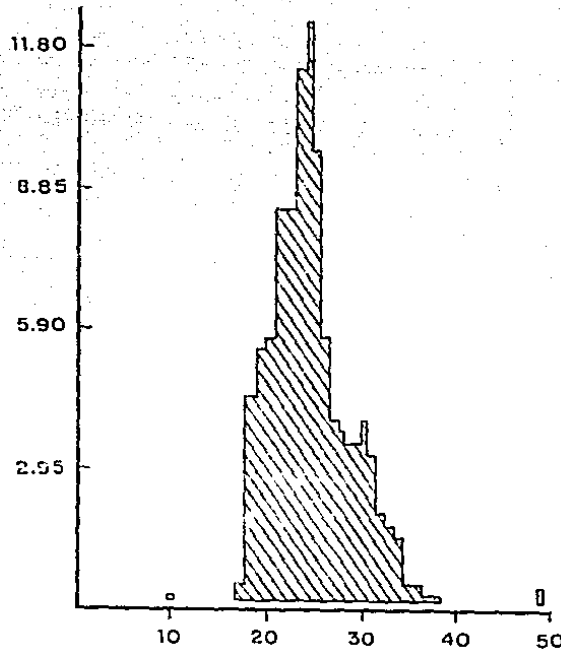
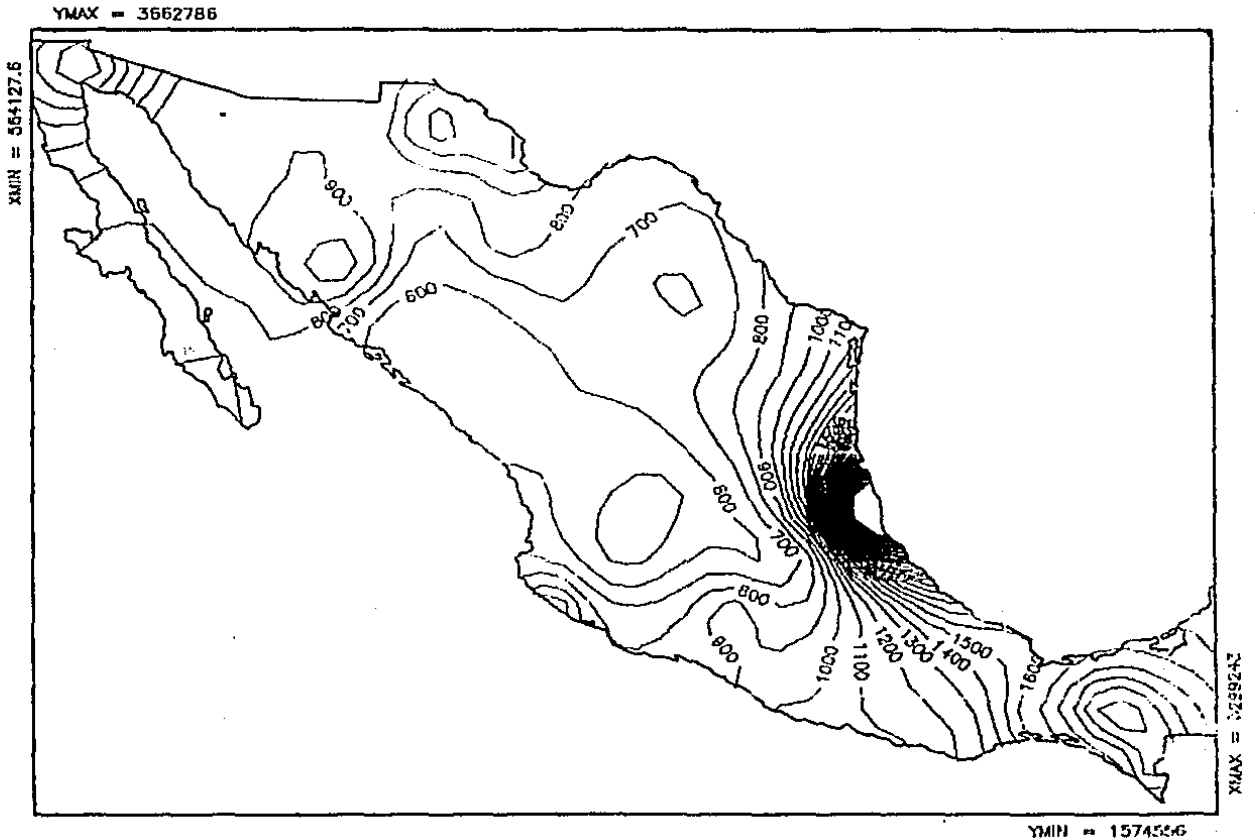


Figura 3.13. Histograma experimental de la variable Conductividad Eléctrica. La columna de la izquierda representa las marcas de clase expresadas en ln(mmhos)

INTERVALES DE CLASE

FIGURA 3. 14



CONFIGURACION DE CONDUCTIVIDAD ELECTRICA DE AGUAS TERMALES I

TABLA 3.2. COMPOSICION QUIMICA DE LAS AGUAS TERMALES DE MEXICO  
(Torres-Rodríguez, 1989)

Componente	No. de Datos	Valor * Mínimo	Valor * Máximo	Media *	No. de Familias
SO4	806	0.48	2643.0	44.7	4
HCO3	820	2.94	3261.6	164.0	3
B	695	0.00	1.59	0.4	2
Na	828	1.99	18582.0	93.6	2
Cl	822	1.49	28853.0	27.6	2
K	828	0.007	742.4	5.8	1
Ca	827	0.36	3498.2	26.0	2
Mg	819	0.01	678.5	1.7	2
Li	745	0.01	14.8	0.1	3
SiO2	818	2.97	1141.4	60.9	1

\* Concentraciones en mg/Kg

Para explicar las variaciones naturales en la composición química de los fluidos es muy útil analizar sus configuraciones regionales.

- SULFATO: El análisis del semivariograma de este componente muestra mayor variancia de la información en dirección N-S que E-W. (Figura 3.15). La variancia en la primera dirección es sensiblemente lineal para el intervalo práctico de interpretación del diagrama (0-350 Km). Por su parte, la configuración Kriging (Figura 3.16) evidencia mayores concentraciones de la sustancia en aguas provenientes de la Sierra Madre Oriental, de la Sierra Madre del Sur y de la Planicie costera del Golfo de México, coincidiendo con la litología de naturaleza sedimentaria de tales regiones. Es notorio también que la distribución de sulfatos en la Sierra Madre Occidental presenta valores bajos, incrementándose abruptamente a la altura del paralelo 28. Además, la curva de 100 mg/Kg sigue con mucha aproximación el contorno de dicha sierra, penetrando hacia el en la porción occidental del CVT.

- BICARBONATO: La distribución del bicarbonato en aguas termales de México presenta una morfología suave en la que aparecen solo tres zonas con valores mayores de concentración. Estas son la región limítrofe entre los estados de Sonora y Sinaloa, la región limítrofe entre Morelos y Guerrero, y el Istmo de Tehuantepec. En el resto del país los valores caen dentro de la media de este compuesto (140 a 160 mg/Kg). (Figuras 3.17 y 3.18).

- BORO: Este elemento se encuentra en pequeñas concentraciones dentro de los fluidos termales lo cual se manifiesta en un sesgo del histograma hacia los valores bajos (Figura 3.19). Los valores para la mayor parte de México son menores a 0.6 mg/Kg, con algunas anomalías en Sonora, Nayarit, Jalisco, Guerrero, Morelos y Chiapas (Figura 3.20). La presencia de valores altos

FIGURA 3.15 SEMIVARIOGRAMA DE LA VARIABLE 104

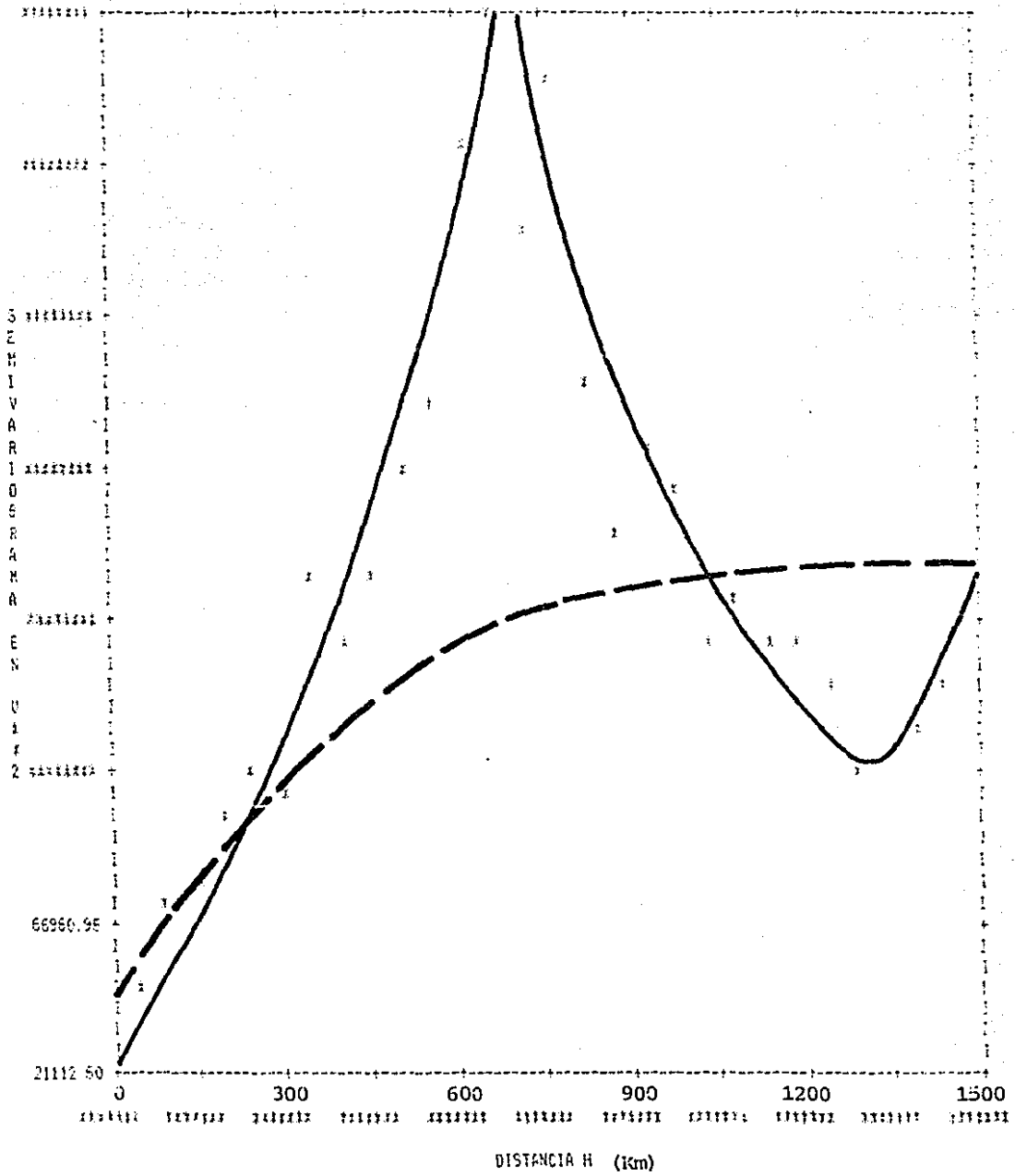


FIGURA 3.16



YMIN = 1574556

CONFIGURACION DE SULFATO EN AGUAS TERMALES DE MEXICO

EXPERIMENTAL DATA

CONCENTRATION

ln	NO.	FR.	REL.
1.101	01	.0041	
1.201	11	.1251	
1.301	11	.1251	
1.401	11	.1251	
1.501	01	.0041	
1.601	11	.1251	
1.701	11	.1251	
1.801	21	.2491	
1.901	31	.3731	
2.001	21	.2491	
2.101	11	.1251	
2.201	11	.1251	
2.301	21	.2491	
2.401	21	.2491	
2.501	51	.6191	
2.601	21	.2491	
2.701	111	1.891	
2.801	21	.2491	
2.901	41	.4991	
3.001	51	.6191	
3.101	101	1.251	
3.201	51	.6191	
3.301	71	.851	
3.401	91	1.101	
3.501	81	.991	
3.601	191	2.301	
3.701	191	2.301	
3.801	291	3.411	
3.901	491	5.951	
4.001	911	11.451	
4.101	1011	12.371	
4.201	1151	14.021	
4.301	851	10.371	
4.401	651	8.351	
4.501	491	5.951	
4.601	291	3.411	
4.701	211	2.811	
4.801	211	2.811	
4.901	51	.751	
5.001	151	1.891	
5.101	111	1.341	
5.201	51	.671	
5.301	101	1.251	
5.401	51	.611	
5.501	21	.601	
5.601	31	.371	
5.701	31	.371	
5.801	11	.121	
5.901	01	.001	
6.001	01	.001	
6.101	41	.491	
6.201	21	.241	
6.301	01	.001	

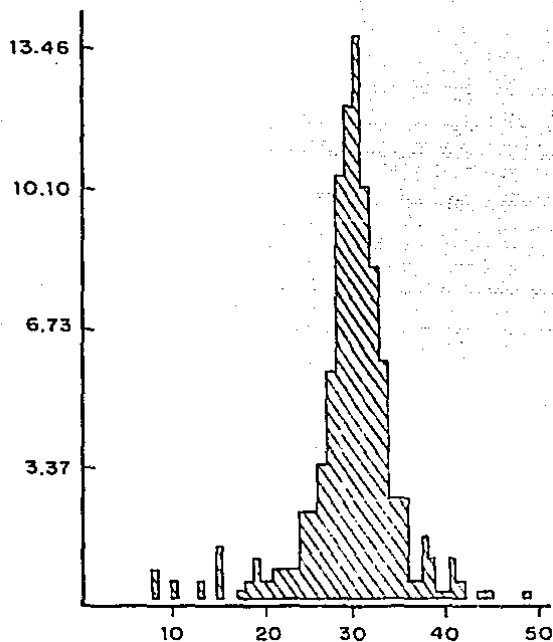


Figura 3.17. Histograma experimental de la variable  $\text{HCO}_3^-$ . La columna de la izquierda representa las marcas de clase, expresada como  $\ln$  de la concentración.

INTERVALOS DE CLASE

FIGURA 3.18



CONFIGURACION DE HCO<sub>3</sub> EN AGUAS TERMALES DE MEXICO

REGISTRO EXPERIMENTAL

CONCENTRACIONES DE BORO

-4.211	01	1.0001
-4.411	51	1.4201
-4.611	01	1.8401
-4.811	01	2.2601
-5.011	01	2.6801
-5.211	01	3.1001
-5.411	01	3.5201
-5.611	01	3.9401
-5.811	01	4.3601
-6.011	221	4.7801
-2.871	01	1.0001
-2.451	11	1.1401
-2.491	351	4.7501
-2.891	1261	19.5701
-2.101	221	3.1701
-1.911	311	4.4601
-1.711	351	4.7501
-1.521	231	3.3101
-1.331	351	5.0401
-1.141	311	4.4601
-0.941	161	2.3301
-0.751	351	4.7501
-0.561	361	5.1601
-0.371	191	2.7301
-0.171	261	3.7401
0.021	221	3.1701
0.211	221	3.1701
0.411	191	2.7301
0.601	221	3.1701
0.791	141	2.0101
0.991	171	2.4501
1.181	81	1.1801
1.371	131	1.6701
1.561	131	1.6701
1.751	51	1.2201
1.951	101	1.4401
2.141	51	1.4301
2.331	41	1.5501
2.521	21	1.2201
2.711	01	1.0001
2.911	11	1.1401
3.101	41	1.5501
3.291	01	1.0001
3.491	51	1.7201
3.691	11	1.1401
3.891	21	1.2701
4.091	21	1.2701
4.281	31	1.4301
4.481	01	1.0001
4.681	11	1.1401
1	01	1.0001

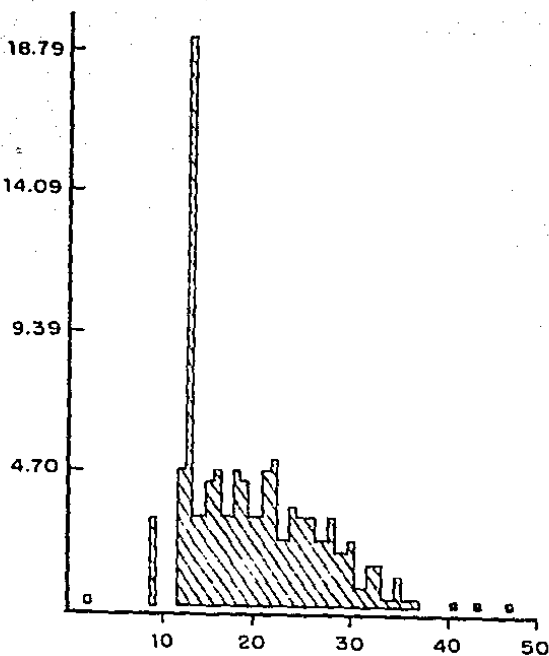
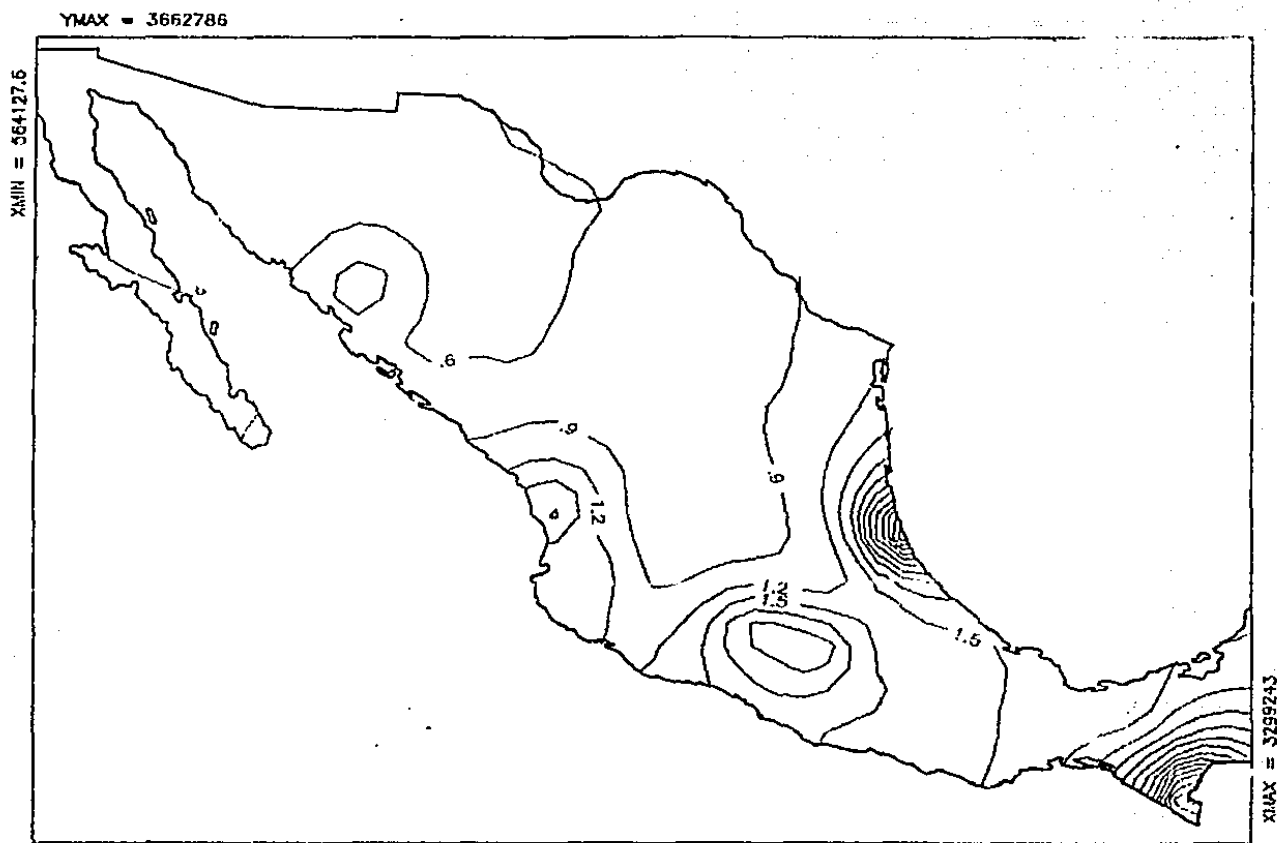


Figura 3.19. Histograma experimental de la variable Boro. La columna de la izquierda representa las marcas de clase, expresadas como ln de la concentración.



FIGURA 3. 20



CONFIGURACION DE BORO EN AGUAS TERMALES DE MEXICO

registrados en el Istmo de Tehuantepec y Chiapas posiblemente se asocian a la actividad volcánica del Volcán Tacaná, mientras que los de Nayarit y Jalisco, distribuidos a lo largo del Río Santiago, seguramente se asocian a la actividad tectónica que se desarrolla a largo de él ya que se presume que es una zona de riftificación incipiente.

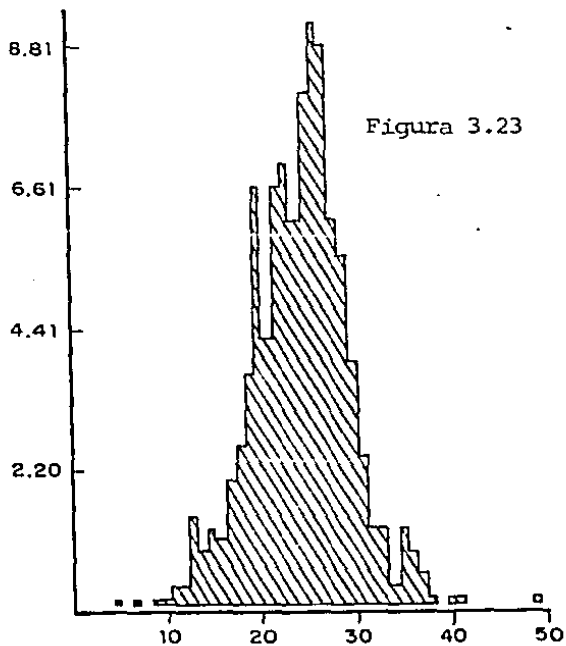
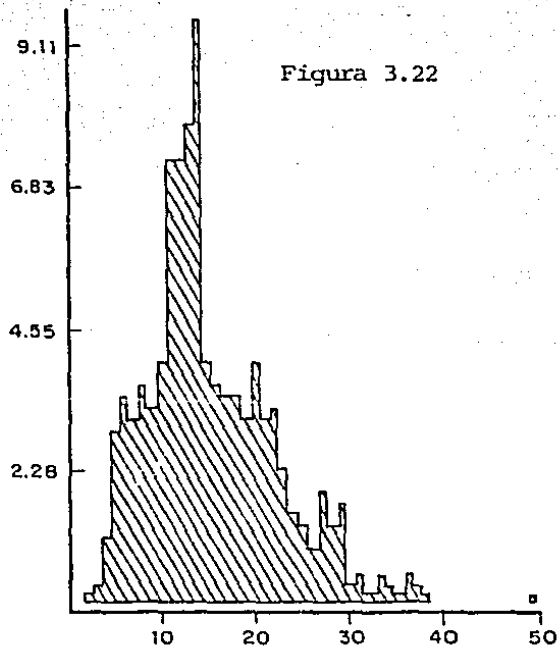
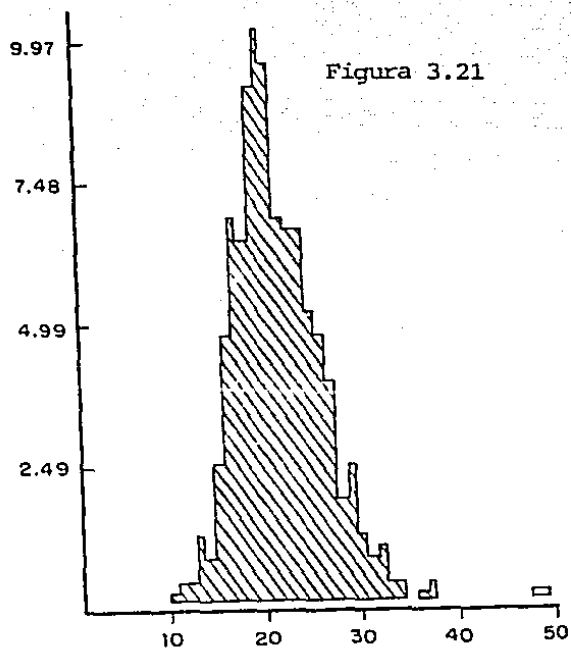
- SODIO, CLORO Y POTASIO: El comportamiento regional de estos tres elementos es muy similar por lo cual pueden tratarse en conjunto. Los histogramas obtenidos para estas variables son prácticamente los mismos, excepto por el factor de escalamiento de cada uno de ellos (Figuras 3.21 a 3.23 y Tabla 3.2). Las curvas de distribución son normales dentro de la que sobresalen algunos picos que corresponden a localidades particulares. Ente ellas se encuentran: Campo Geotérmico de Cerro Prieto, región norte de Chihuahua, región de Tuxpan-Tampico, Campo geotérmico de la Primavera, porción limítrofe entre los Estados de Guerrero y Morelos, zona de Pinotepa Nacional e Istmo de Tehuantepec

Los semivariogramas de sodio, cloro y potasio son prácticamente idénticos. En dirección N-S la variabilidad de los datos es muy grande, enfatizándose nuevamente la variancia en dicha dirección. Por su parte en la dirección E-W la función se hace constante dando un radio de influencia de unos 300 Km (Figuras 3.24 a 3.26). Lo anterior dará como consecuencia, que la mayor calidad de la información se registrará en dirección E-W, a lo largo de la cual aparecerá mayor cantidad de curvas de isovalores.

En las configuraciones de las figuras mencionadas se han filtrado aquellos datos que por sus altos valores pudieran crear tendencias regionales en la distribución de curvas de isovalores, sobre todo los datos disparados de los campos de Cerro Prieto, La Primavera, Los Azufres y Los Humeros. No obstante, las configuraciones obtenidas exhiben tendencias regionales bien marcadas, una de las cuales es que el sodio, cloro y potasio de los fluidos termales incrementan su contenido en dirección Este-Oeste. También es notorio que las curvas siguen los contornos de las provincias geológicas más importantes, así como la aparición de gradientes contrastantes a la altura del paralelo 28 en la Sierra Madre Occidental. (Figuras 3.27 a 3.29).

- MAGNESIO: Este elemento muestra un rango de variación muy amplio que se refleja en un histograma expandido. Los valores extremos varían entre 0.01 y 678 mg/Kg, con una media alrededor de 1.7. (Figura 3.30).

El semivariograma del magnesio presenta, como en los demás elementos estudiados, mayores variancias en la dirección N-S que en la E-W. En esta última dirección la distancia de correlación entre los datos es de unos 280 Km (Figura 3.31).



Figuras 3.21, 3.22 y 3.23.  
Diagramas experimentales de las variables Sodio, Cloro y Potasio. Las marcas de clase se muestran en la tabla adjunta, expresadas como  $\ln$  de la concentración respectiva de cada elemento.



FIGURA 3.24 SEMIVARIOGRAMA DE LA VARIABLE  $N_2$

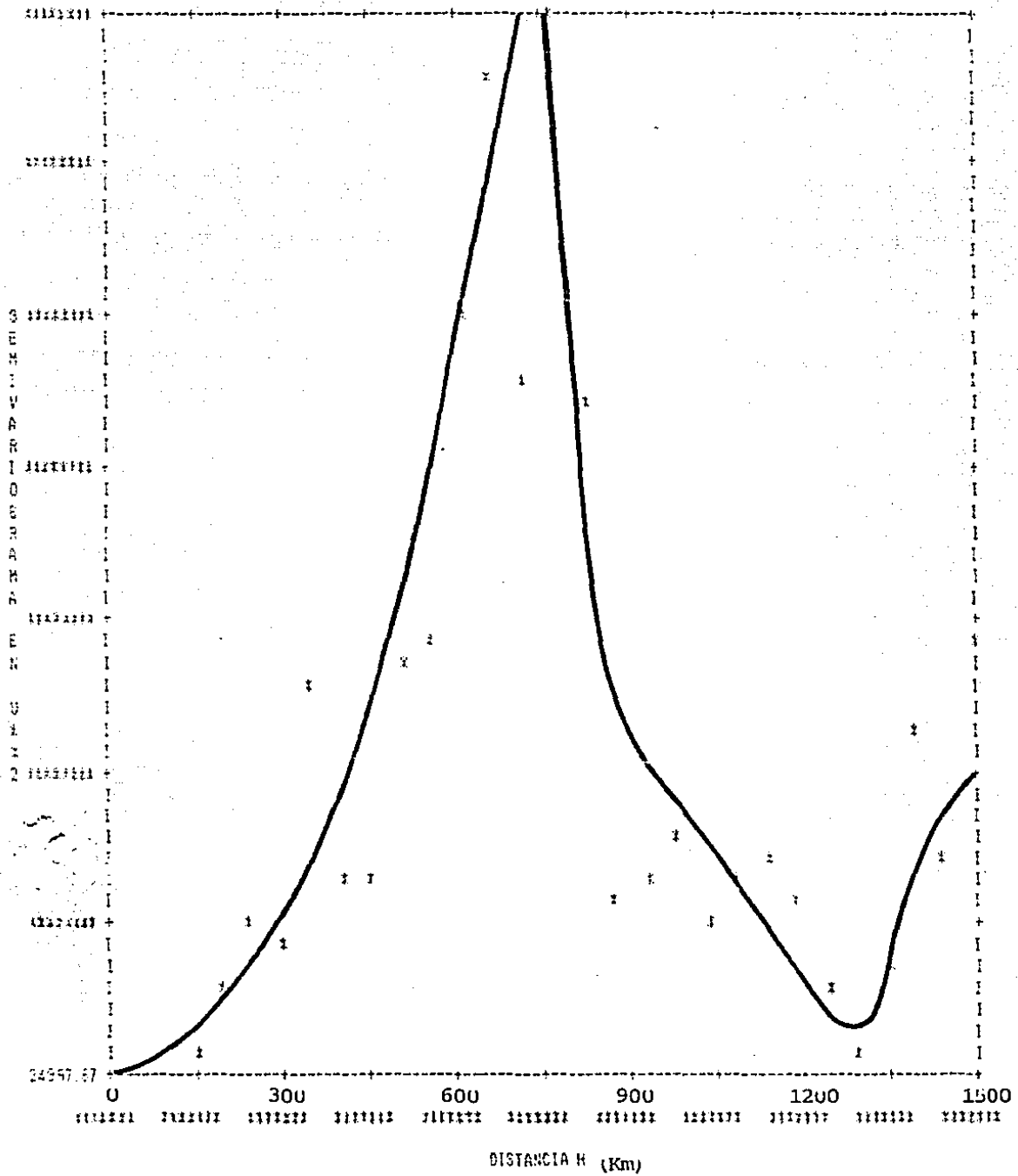


FIGURA 3. 25 SEMIVARIÓGRAMA DE LA VARIABLE X

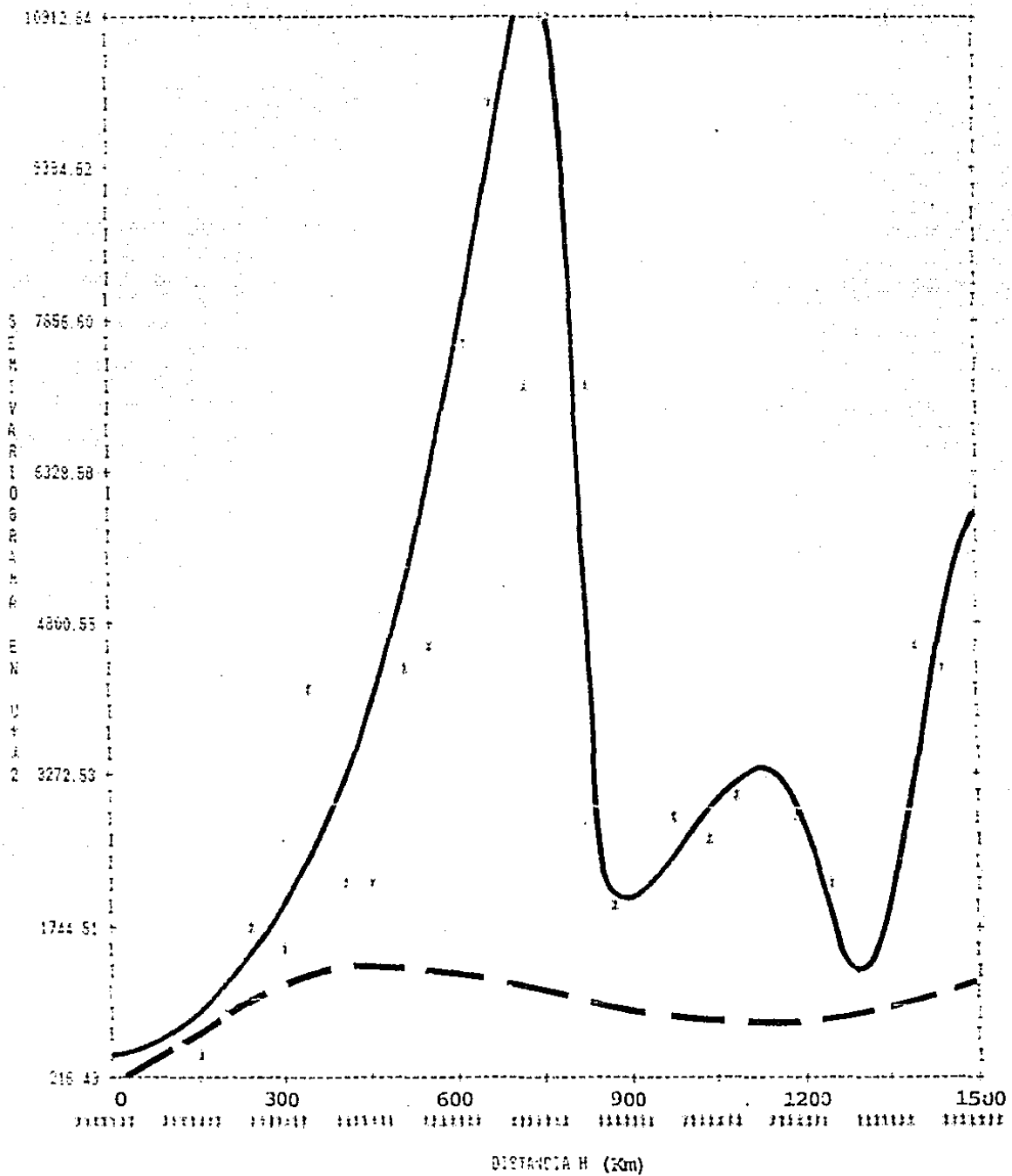


FIGURA 3.26 SEMIVARIOGRAMA DE LA VARIABLE  $Q_1$

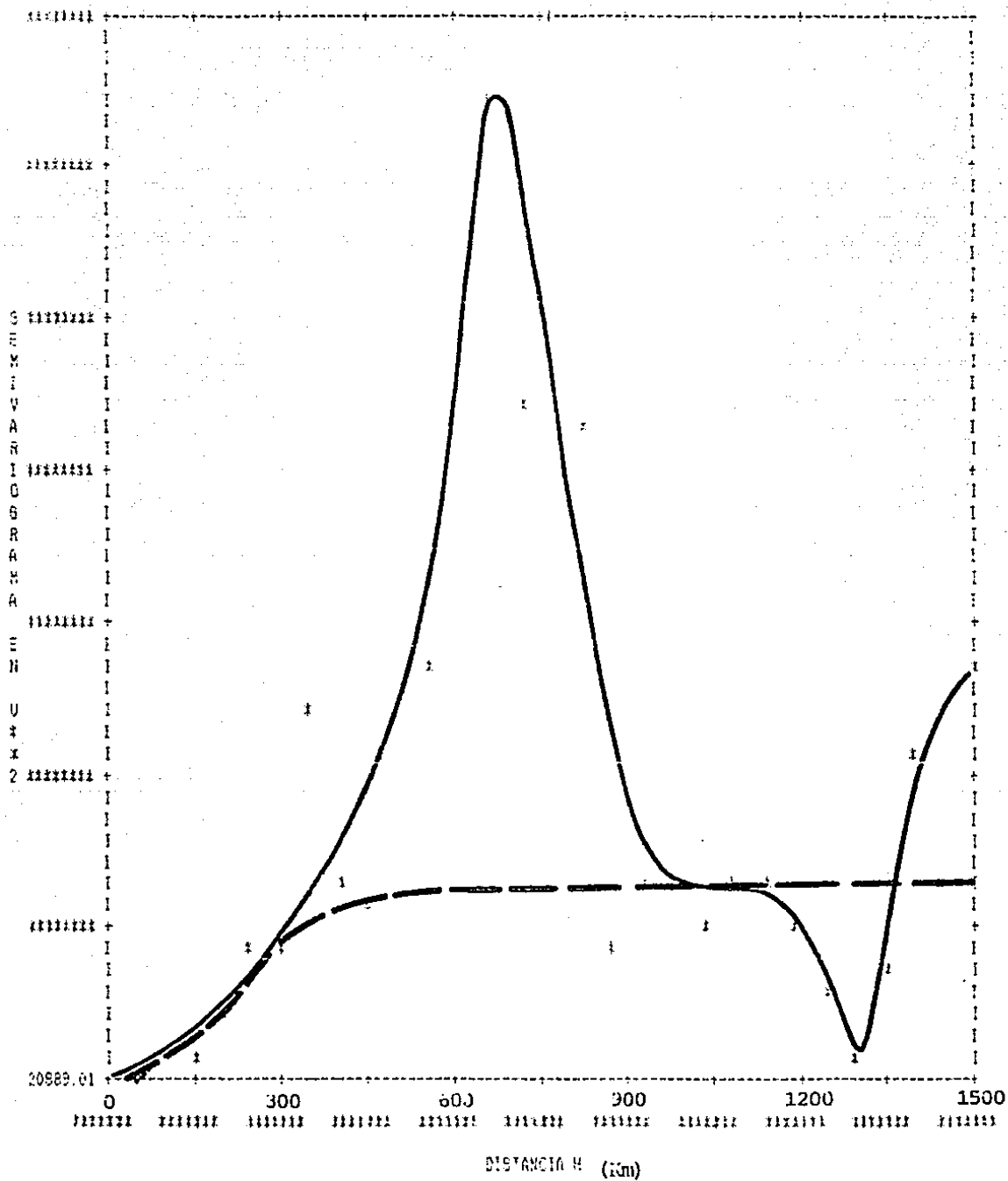
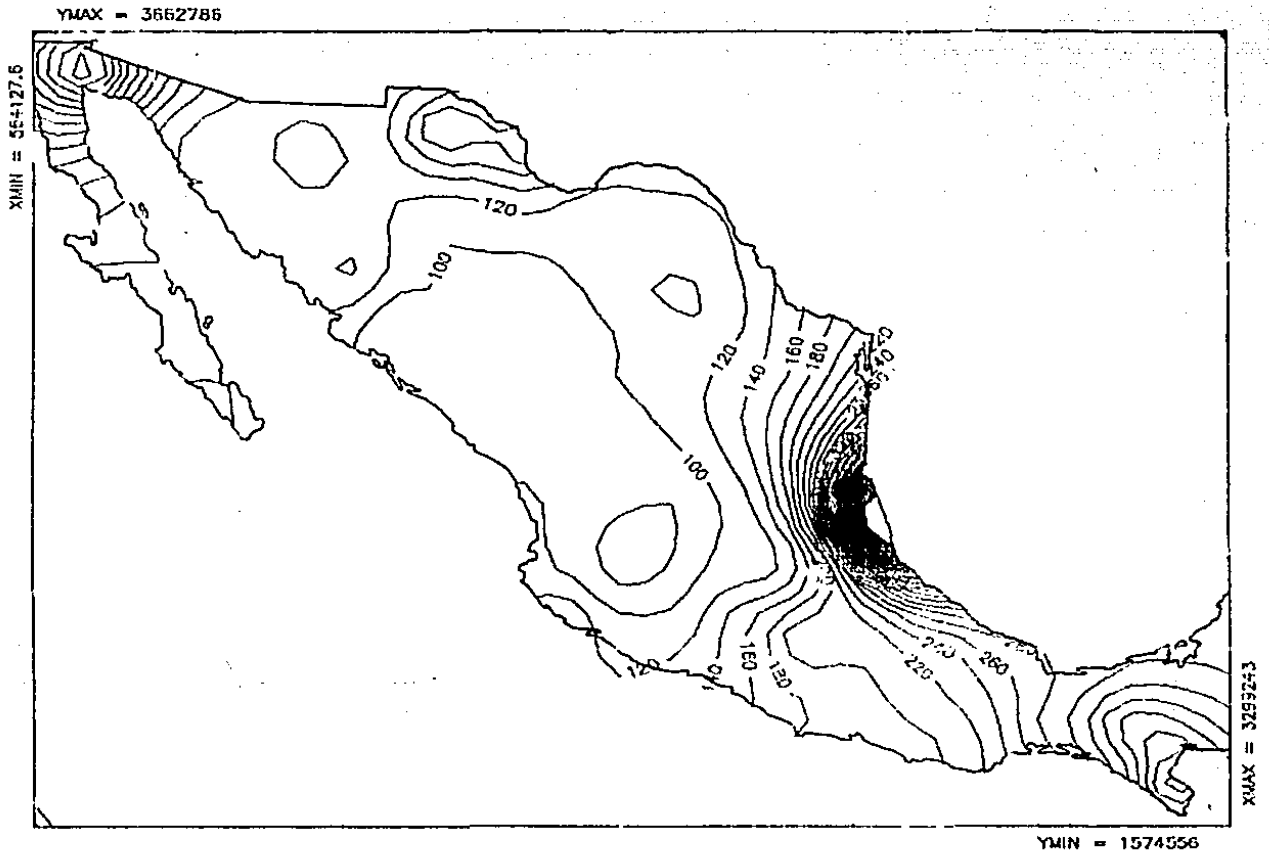


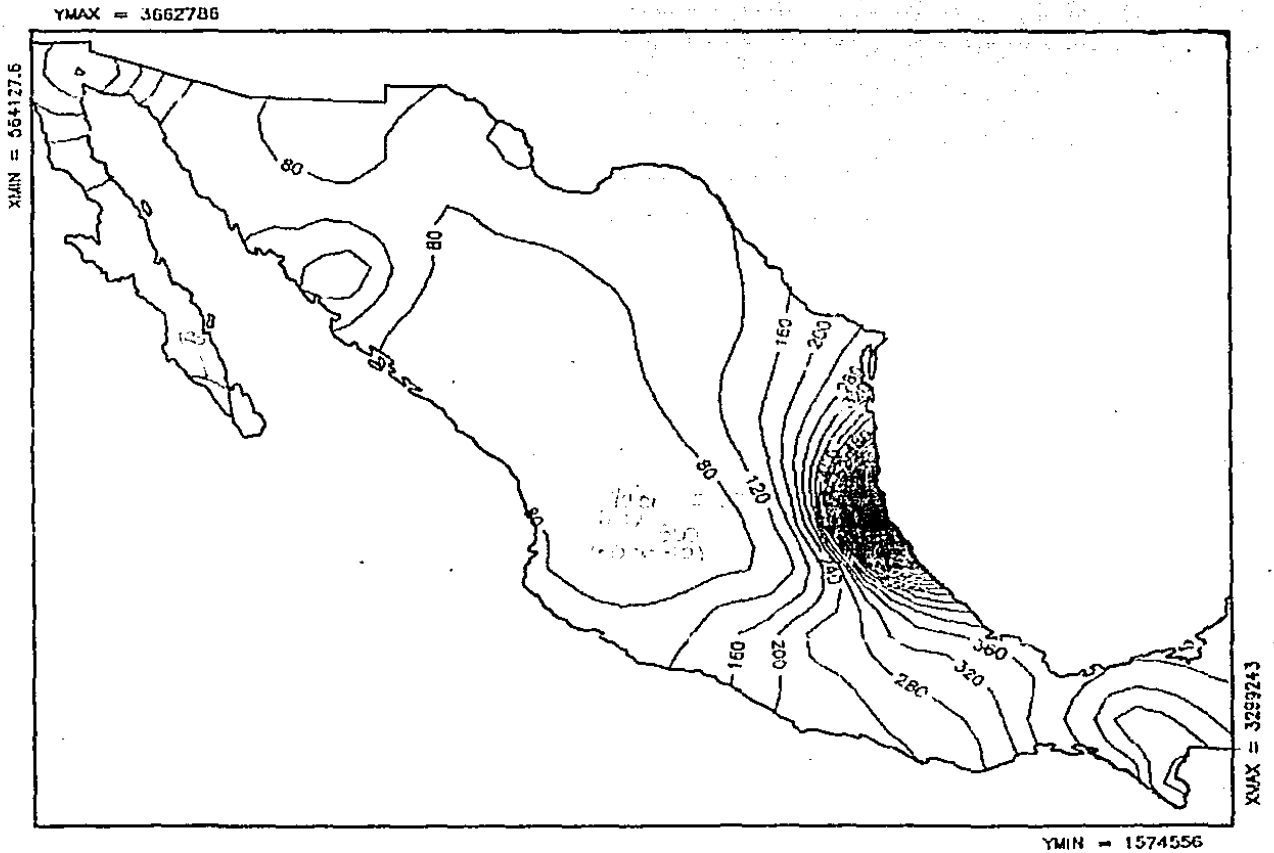
FIGURA 3.27



CONFIGURACION DE SODIO EN AGUAS TERMALES DE MEXICO

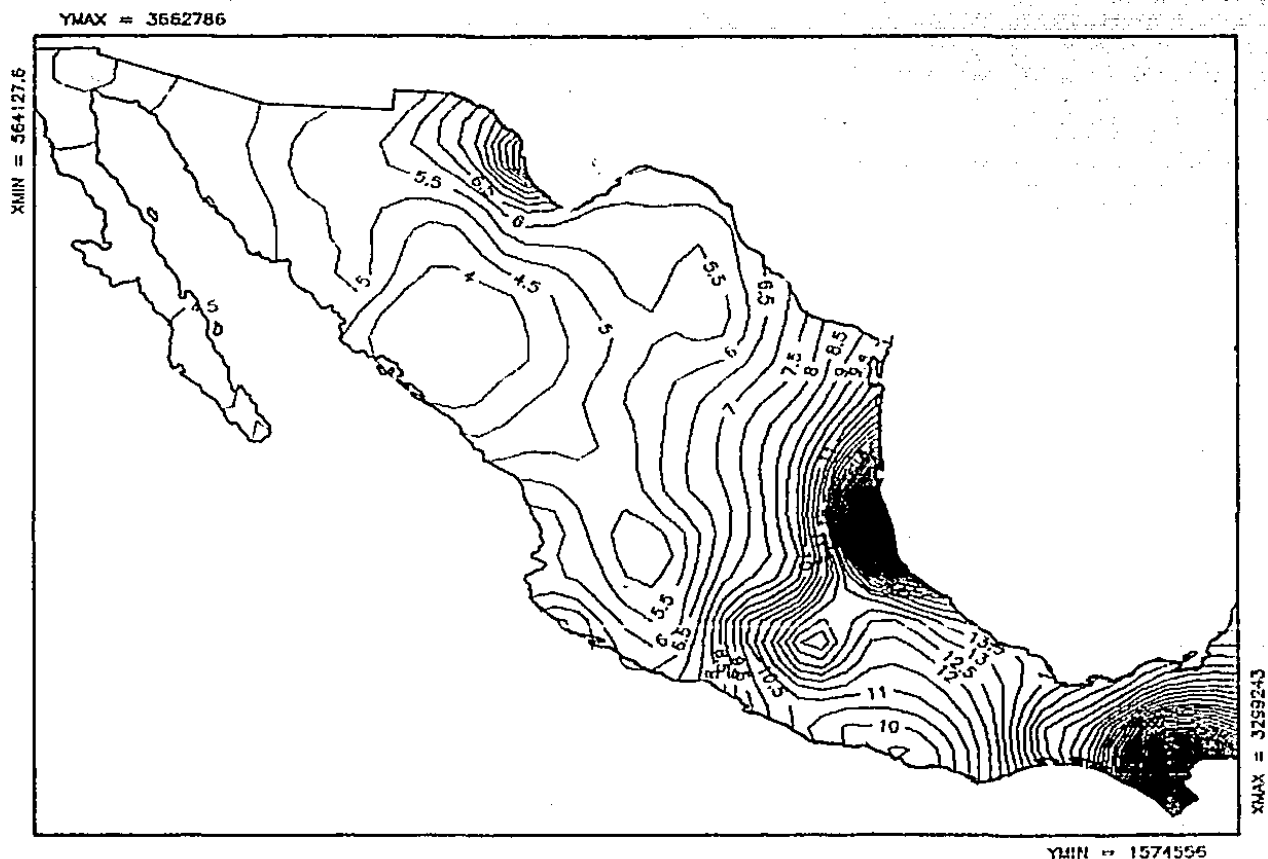


FIGURA 3.2B



CONFIGURACION DE CLORO EN AGUAS TERMALES DE MEXICO

FIGURA 3.29



CONFIGURACION DE POTASIO EN AGUAS TERMALES DE MEXICO (Torre)

HISTOGRAMA EXPERIMENTAL

CLASES

-4.611	01	1.00%
-4.571	01	1.00%
-4.441	01	1.00%
-4.301	02	2.00%
-4.161	01	1.00%
-4.021	01	1.00%
-3.881	01	1.00%
-3.741	01	1.00%
-3.601	01	1.00%
-3.461	01	1.00%
-3.321	01	1.00%
-3.181	01	1.00%
-3.041	01	1.00%
-2.901	01	1.00%
-2.761	01	1.00%
-2.621	01	1.00%
-2.481	01	1.00%
-2.341	01	1.00%
-2.201	01	1.00%
-2.061	01	1.00%
-1.921	01	1.00%
-1.781	01	1.00%
-1.641	01	1.00%
-1.501	01	1.00%
-1.361	01	1.00%
-1.221	01	1.00%
-1.081	01	1.00%
-0.941	01	1.00%
-0.801	01	1.00%
-0.661	01	1.00%
-0.521	01	1.00%
-0.381	01	1.00%
-0.241	01	1.00%
-0.101	01	1.00%
0.039	01	1.00%
0.179	01	1.00%
0.319	01	1.00%
0.459	01	1.00%
0.599	01	1.00%
0.739	01	1.00%
0.879	01	1.00%
1.019	01	1.00%
1.159	01	1.00%
1.299	01	1.00%
1.439	01	1.00%
1.579	01	1.00%
1.719	01	1.00%
1.859	01	1.00%
1.999	01	1.00%
2.139	01	1.00%
2.279	01	1.00%
2.419	01	1.00%
2.559	01	1.00%
2.699	01	1.00%
2.839	01	1.00%
2.979	01	1.00%
3.119	01	1.00%
3.259	01	1.00%
3.399	01	1.00%
3.539	01	1.00%
3.679	01	1.00%
3.819	01	1.00%
3.959	01	1.00%
4.099	01	1.00%
4.239	01	1.00%
4.379	01	1.00%
4.519	01	1.00%
4.659	01	1.00%
4.799	01	1.00%
4.939	01	1.00%
5.079	01	1.00%
5.219	01	1.00%
5.359	01	1.00%
5.499	01	1.00%
5.639	01	1.00%
5.779	01	1.00%
5.919	01	1.00%
6.059	01	1.00%
6.199	01	1.00%
6.339	01	1.00%
6.479	01	1.00%
6.619	01	1.00%
6.759	01	1.00%
6.899	01	1.00%
7.039	01	1.00%

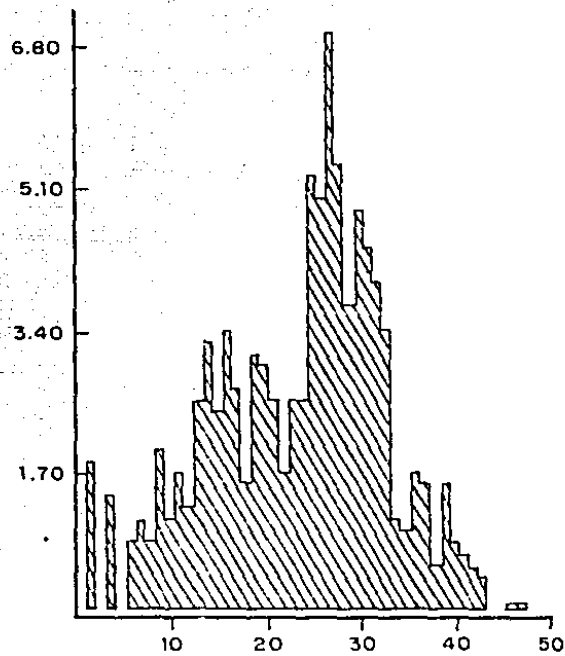
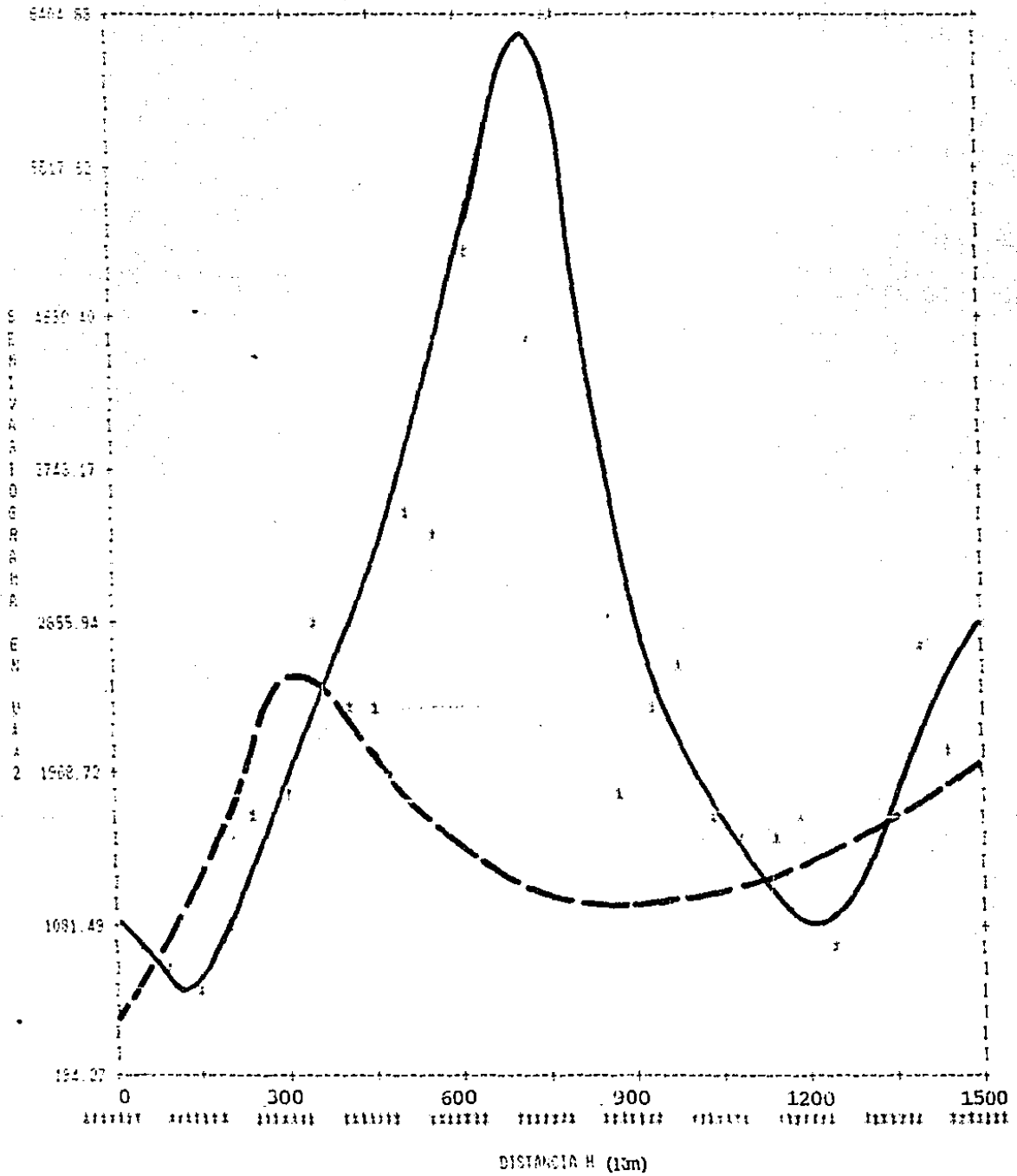


Figura 3.30. Histograma experimental de la variable Magnesio. La columna de la izquierda representa las marcas de clase, expresadas como ln de la concentración.

FIGURA 3.31 SEMIVARIOGRAMA DE LA VARIABLE  $\gamma$



Eliminando los datos disparados se ha obtenido una configuración suave en la que los valores de magnesio tienden a incrementarse hacia el Este (Figura 3.32). Las formas de las curvas de isovalores siguen muy bien el contorno de la Sierra Madre Occidental en donde sus valores son bajos (menores a 4 mg/Kg). En el Cinturón Volcánico Trans-Mexicano las curvas cortan perpendicularmente a esta provincia incrementando siempre su valor hacia el Este, desde 1 mg/Kg en la región occidental hasta más de 20 en la oriental. Por su parte, en la Sierra Madre del Sure Itsmo de Tehuantepec las curvas se disponen paralelamente a la línea de costa. Nuevamente se observa la independencia de valores entre el CVT y la zona volcánica de Chiapas.

LITIO: El litio se presenta en cantidades significativas dentro de las aguas termales de México, obedeciendo al comportamiento general de los demás metales alcalinos estudiados. Los valores extremos varían entre 0.001 y 14.0 mg/Kg con una media regional de 0.1 mg/Kg (Figura 3.33).

El semivariograma obtenido es muy semejante a los del sodio cloro y potasio en los que las mayores variaciones de los datos ocurren en dirección N-S que E-W. La distancia de correlación entre los datos es de unos 280 Km en la dirección E-W (Figura 3.34).

A partir de 745 análisis químicos de litio se obtuvo una configuración caracterizada por la abundancia de valores bajos que cubre la mayor parte del país. Solo se registraron anomalías en el Campo Geotérmico de Cerro Prieto (BCN), la zona limitrofe entre los Estados de Morelos y Guerrero, la zona de Tuxpan-Tampico (Veracruz) y el sur de Chiapas (Volcán Tacaná) (Figura 3.35).

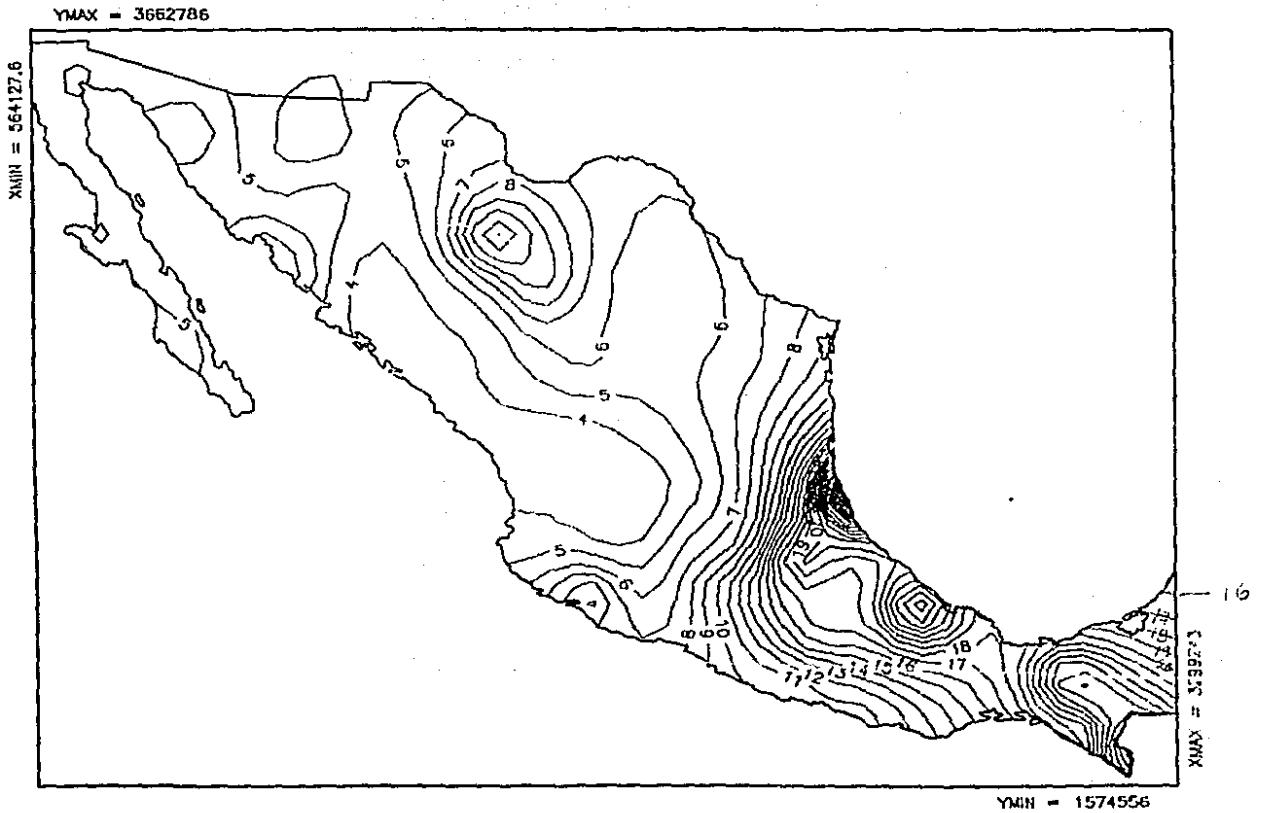
SILICE: El contenido de SiO<sub>2</sub> en aguas termales de México presenta un patrón particular con cierta independencia de la geología regional apartándose de lo que el sentido común nos diría: mayor abundancia en regiones con litologías riolíticas y bajos valores en las andesíticas.

Con base en 818 determinaciones del compuesto se ha obtenido un histograma relativamente estrecho con distribución normal. Los valores extremos fueron 2.97 y 1141 mg/Kg con una media regional de 60 mg/Kg (Figura 3.36).

El semivariograma del SiO<sub>2</sub> no exhibe un comportamiento predecible desde el punto de vista de las variables regionalizadas. Si bien, se observa una mayor variancia de la información en la dirección N-S que en la E-W, la morfología de las curvas no atestiguan radios de correlación en ninguna de las dos direcciones (Figura 3.37).

Como consecuencia del tipo de distribución geométrica de la información anotada en el párrafo anterior, la configuración de isovalores no sigue los contornos de provincias geológicas conocidas, sino por el contrario, corta a algunas de ellas. Por

FIGURA 3.32



CONFIGURACION DE MAGNESIO EN AGUAS TERMALES DE MEXICO

MEMORIA EXPERIMENTAL

CONCENTRACIONES DE LITIO

-4.898	01	0.0000
-4.888	01	0.0000
-4.878	01	0.0000
-4.868	01	0.0000
-4.858	01	0.0000
-3.848	400	0.0000
-3.838	01	0.0000
-3.828	01	0.0000
-3.818	01	0.0000
-3.808	01	0.0000
-2.798	120	0.0000
-2.788	160	0.0000
-2.778	131	0.0000
-2.768	131	0.0000
-2.758	141	0.0000
-2.748	141	0.0000
-2.738	141	0.0000
-2.728	141	0.0000
-2.718	141	0.0000
-2.708	141	0.0000
-2.698	141	0.0000
-2.688	141	0.0000
-2.678	141	0.0000
-2.668	141	0.0000
-2.658	141	0.0000
-2.648	141	0.0000
-2.638	141	0.0000
-2.628	141	0.0000
-2.618	141	0.0000
-2.608	141	0.0000
-2.598	141	0.0000
-2.588	141	0.0000
-2.578	141	0.0000
-2.568	141	0.0000
-2.558	141	0.0000
-2.548	141	0.0000
-2.538	141	0.0000
-2.528	141	0.0000
-2.518	141	0.0000
-2.508	141	0.0000
-2.498	141	0.0000
-2.488	141	0.0000
-2.478	141	0.0000
-2.468	141	0.0000
-2.458	141	0.0000
-2.448	141	0.0000
-2.438	141	0.0000
-2.428	141	0.0000
-2.418	141	0.0000
-2.408	141	0.0000
-2.398	141	0.0000
-2.388	141	0.0000
-2.378	141	0.0000
-2.368	141	0.0000
-2.358	141	0.0000
-2.348	141	0.0000
-2.338	141	0.0000
-2.328	141	0.0000
-2.318	141	0.0000
-2.308	141	0.0000
-2.298	141	0.0000
-2.288	141	0.0000
-2.278	141	0.0000
-2.268	141	0.0000
-2.258	141	0.0000
-2.248	141	0.0000
-2.238	141	0.0000
-2.228	141	0.0000
-2.218	141	0.0000
-2.208	141	0.0000
-2.198	141	0.0000
-2.188	141	0.0000
-2.178	141	0.0000
-2.168	141	0.0000
-2.158	141	0.0000
-2.148	141	0.0000
-2.138	141	0.0000
-2.128	141	0.0000
-2.118	141	0.0000
-2.108	141	0.0000
-2.098	141	0.0000
-2.088	141	0.0000
-2.078	141	0.0000
-2.068	141	0.0000
-2.058	141	0.0000
-2.048	141	0.0000
-2.038	141	0.0000
-2.028	141	0.0000
-2.018	141	0.0000
-2.008	141	0.0000
-1.998	141	0.0000
-1.988	141	0.0000
-1.978	141	0.0000
-1.968	141	0.0000
-1.958	141	0.0000
-1.948	141	0.0000
-1.938	141	0.0000
-1.928	141	0.0000
-1.918	141	0.0000
-1.908	141	0.0000
-1.898	141	0.0000
-1.888	141	0.0000
-1.878	141	0.0000
-1.868	141	0.0000
-1.858	141	0.0000
-1.848	141	0.0000
-1.838	141	0.0000
-1.828	141	0.0000
-1.818	141	0.0000
-1.808	141	0.0000
-1.798	141	0.0000
-1.788	141	0.0000
-1.778	141	0.0000
-1.768	141	0.0000
-1.758	141	0.0000
-1.748	141	0.0000
-1.738	141	0.0000
-1.728	141	0.0000
-1.718	141	0.0000
-1.708	141	0.0000
-1.698	141	0.0000
-1.688	141	0.0000
-1.678	141	0.0000
-1.668	141	0.0000
-1.658	141	0.0000
-1.648	141	0.0000
-1.638	141	0.0000
-1.628	141	0.0000
-1.618	141	0.0000
-1.608	141	0.0000
-1.598	141	0.0000
-1.588	141	0.0000
-1.578	141	0.0000
-1.568	141	0.0000
-1.558	141	0.0000
-1.548	141	0.0000
-1.538	141	0.0000
-1.528	141	0.0000
-1.518	141	0.0000
-1.508	141	0.0000
-1.498	141	0.0000
-1.488	141	0.0000
-1.478	141	0.0000
-1.468	141	0.0000
-1.458	141	0.0000
-1.448	141	0.0000
-1.438	141	0.0000
-1.428	141	0.0000
-1.418	141	0.0000
-1.408	141	0.0000
-1.398	141	0.0000
-1.388	141	0.0000
-1.378	141	0.0000
-1.368	141	0.0000
-1.358	141	0.0000
-1.348	141	0.0000
-1.338	141	0.0000
-1.328	141	0.0000
-1.318	141	0.0000
-1.308	141	0.0000
-1.298	141	0.0000
-1.288	141	0.0000
-1.278	141	0.0000
-1.268	141	0.0000
-1.258	141	0.0000
-1.248	141	0.0000
-1.238	141	0.0000
-1.228	141	0.0000
-1.218	141	0.0000
-1.208	141	0.0000
-1.198	141	0.0000
-1.188	141	0.0000
-1.178	141	0.0000
-1.168	141	0.0000
-1.158	141	0.0000
-1.148	141	0.0000
-1.138	141	0.0000
-1.128	141	0.0000
-1.118	141	0.0000
-1.108	141	0.0000
-1.098	141	0.0000
-1.088	141	0.0000
-1.078	141	0.0000
-1.068	141	0.0000
-1.058	141	0.0000
-1.048	141	0.0000
-1.038	141	0.0000
-1.028	141	0.0000
-1.018	141	0.0000
-1.008	141	0.0000
-1.000	01	0.0000

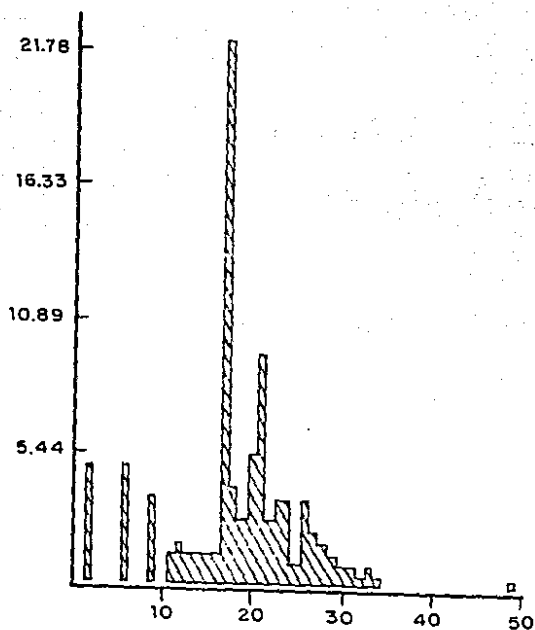


Figura 3.33. Histograma experimental de la variable Litio. La columna de la izquierda representa las marcas de clase, expresadas como  $\ln$  de la concentración.

INTERVALOS DE CLASE

FIGURA 3.34 SEMIVARIOGRAMA DE LA VARIABLE L1

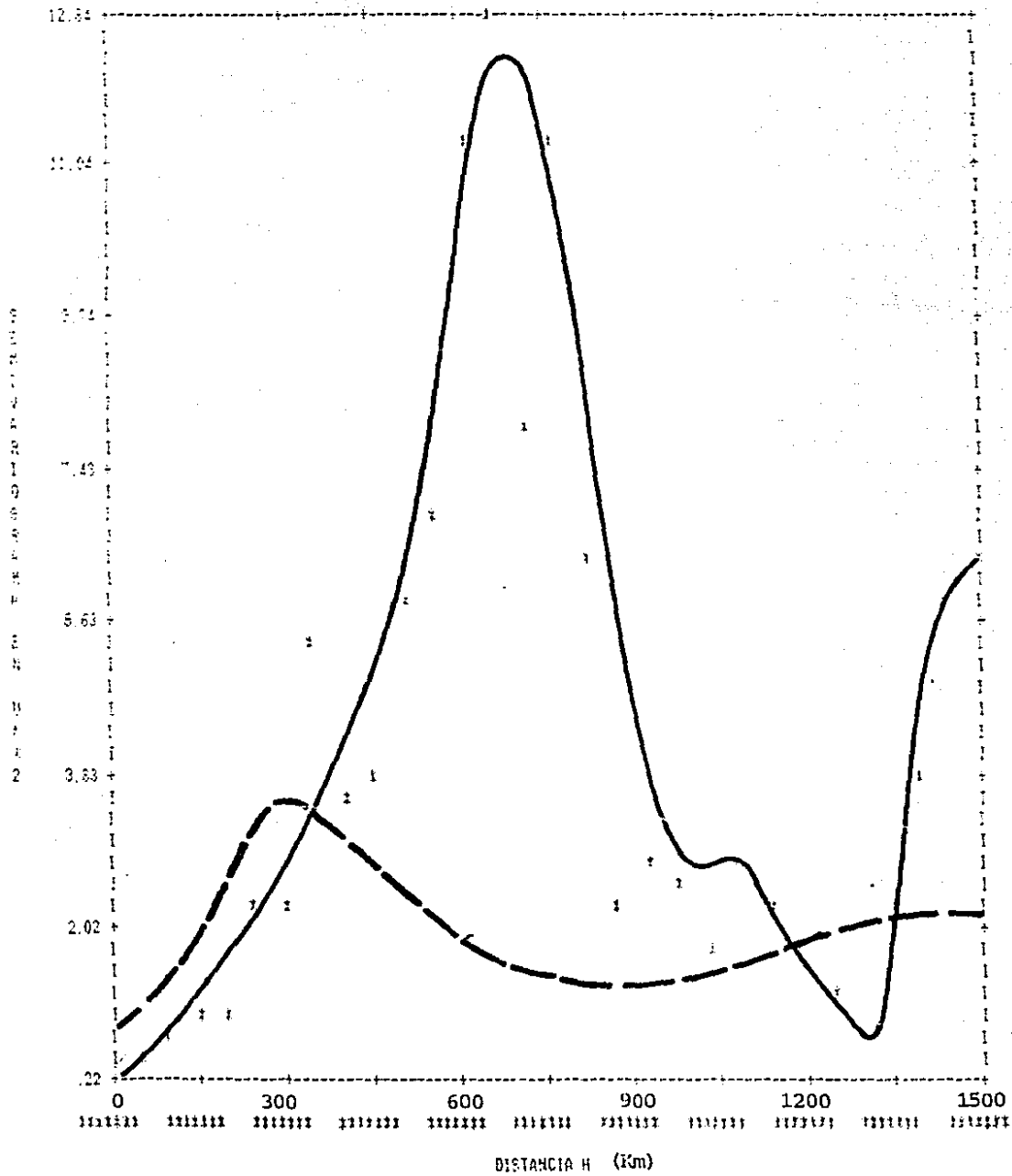




FIGURA 3.34 SEMIVARIOGRAMA DE LA VARIABLE

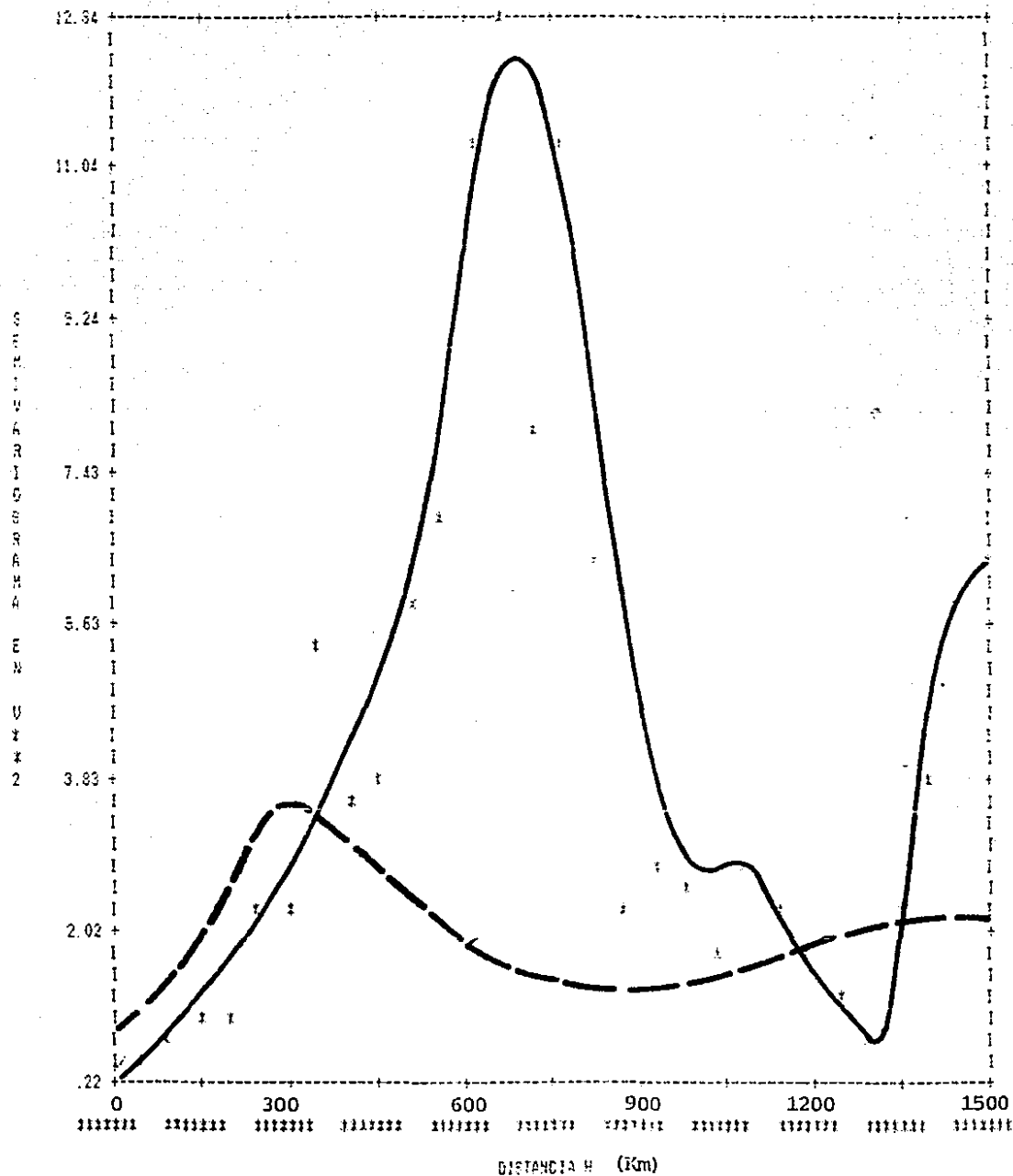
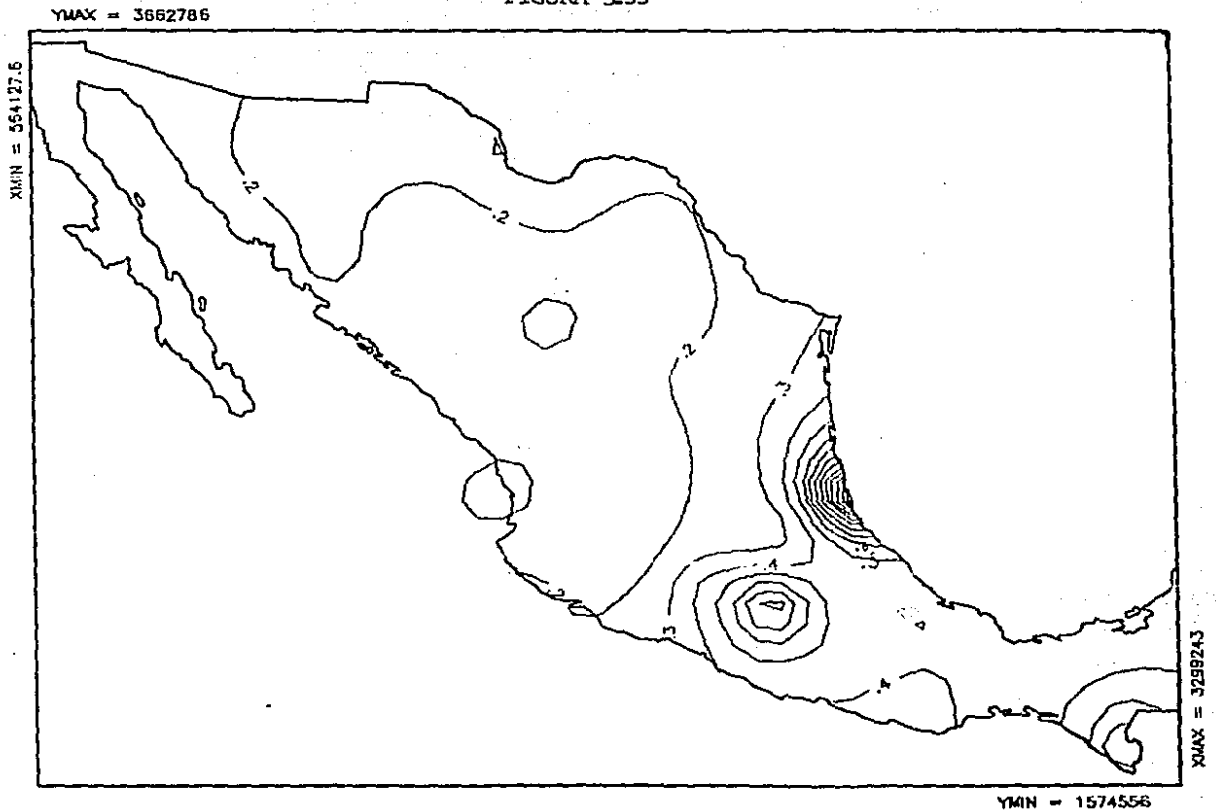


FIGURA 3.35



CONFIGURACION DE LITIO EN AGUAS TERMALES DE MEXICO

HISTOGRAMA EXPERIMENTAL

\*\*\*\*\*

lim. sup. inf. (mg/100g)	lim. sup. inf. (mg/100g)	frec. abs.
1.100	1.000	1
1.200	1.100	4
1.300	1.200	11
1.400	1.300	27
1.500	1.400	48
1.700	1.600	100
1.800	1.700	110
1.900	1.800	100
2.000	1.900	110
2.100	2.000	110
2.300	2.200	110
2.400	2.300	110
2.500	2.400	110
2.700	2.600	110
2.800	2.700	110
2.900	2.800	110
3.000	2.900	141
3.200	3.100	190
3.300	3.200	251
3.450	3.300	290
3.600	3.450	270
3.700	3.600	340
3.800	3.700	340
3.900	3.800	370
4.000	3.900	440
4.200	4.100	551
4.300	4.200	711
4.400	4.300	550
4.500	4.400	790
4.600	4.500	580
4.800	4.700	450
4.900	4.800	140
5.000	4.900	150
5.100	5.000	90
5.300	5.200	50
5.400	5.300	10
5.500	5.400	40
5.600	5.500	50
5.800	5.700	10
5.900	5.800	10
6.000	5.900	27
6.100	6.000	90
6.200	6.100	90
6.400	6.300	20
6.500	6.400	90
6.600	6.500	30
6.800	6.700	90
6.900	6.800	10
7.000	6.900	10
7.100	7.000	10

INTERVALOS DE CLASE

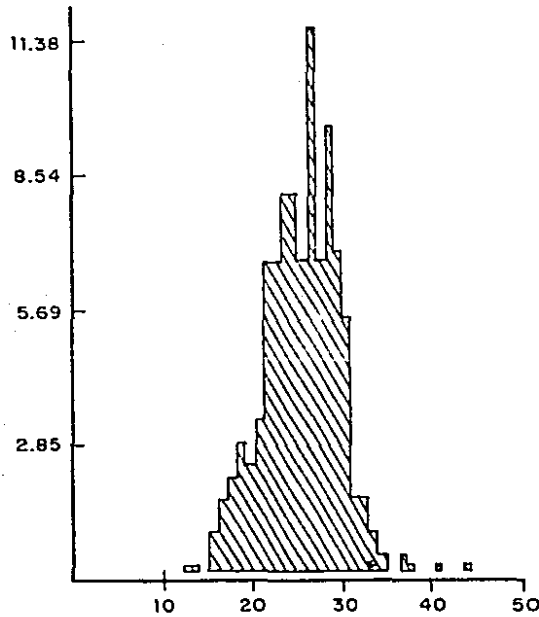
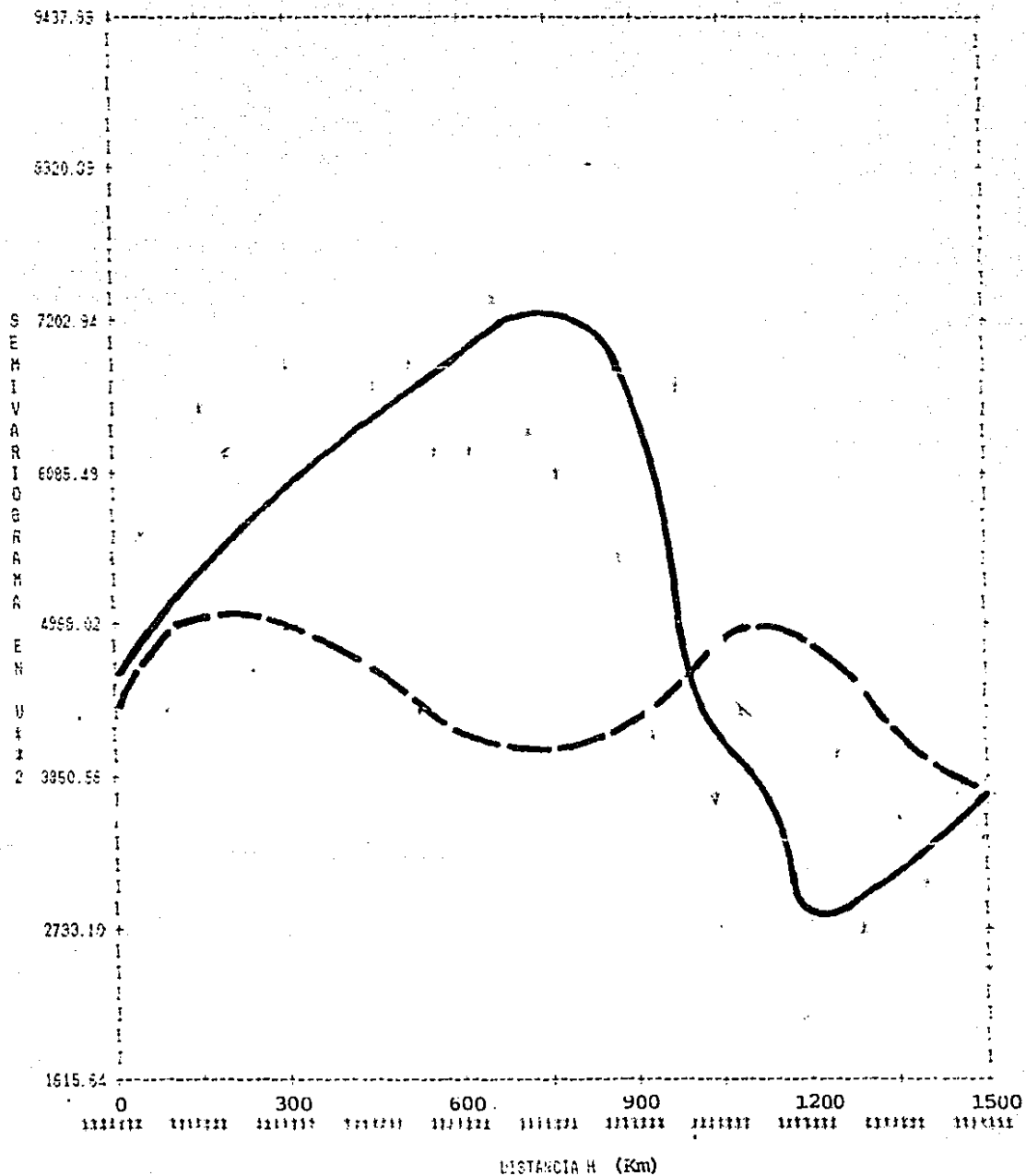


Figura 3.36. Histograma experimental de la variable SiO<sub>2</sub>. La columna de la izquierda representa las marcas de clase, expresadas como ln de la concentración.

FIGURA 3.37. SEMINARIOGRAMA DE LA VARIABLE 8102



ejemplo, en la figura 3.38) se puede observar que en la Sierra Madre Occidental se distinguen tres regiones en cuanto a contenido de sílice disuelto se refiere: la primera al norte, arriba del paralelo 28, la segunda entre dicho paralelo y la desembocadura del Río Santiago, y la tercera, al sur de éste hasta el Graben de Colima.

Algo similar ocurre a lo largo del CVT, provincia dentro de la cual se observan tres regiones cuyo contenido de sílice aumenta hacia el Oeste (Figura 3.38). Prol y Juárez (1985) en un estudio de configuración de temperaturas de sílice determinaron la misma tendencia dentro del CVT en los que los valores más altos los asociaron a aquellas estructuras con mayor riesgo de actividad volcánica.

### 3.2.12. GEOTERMOMETROS

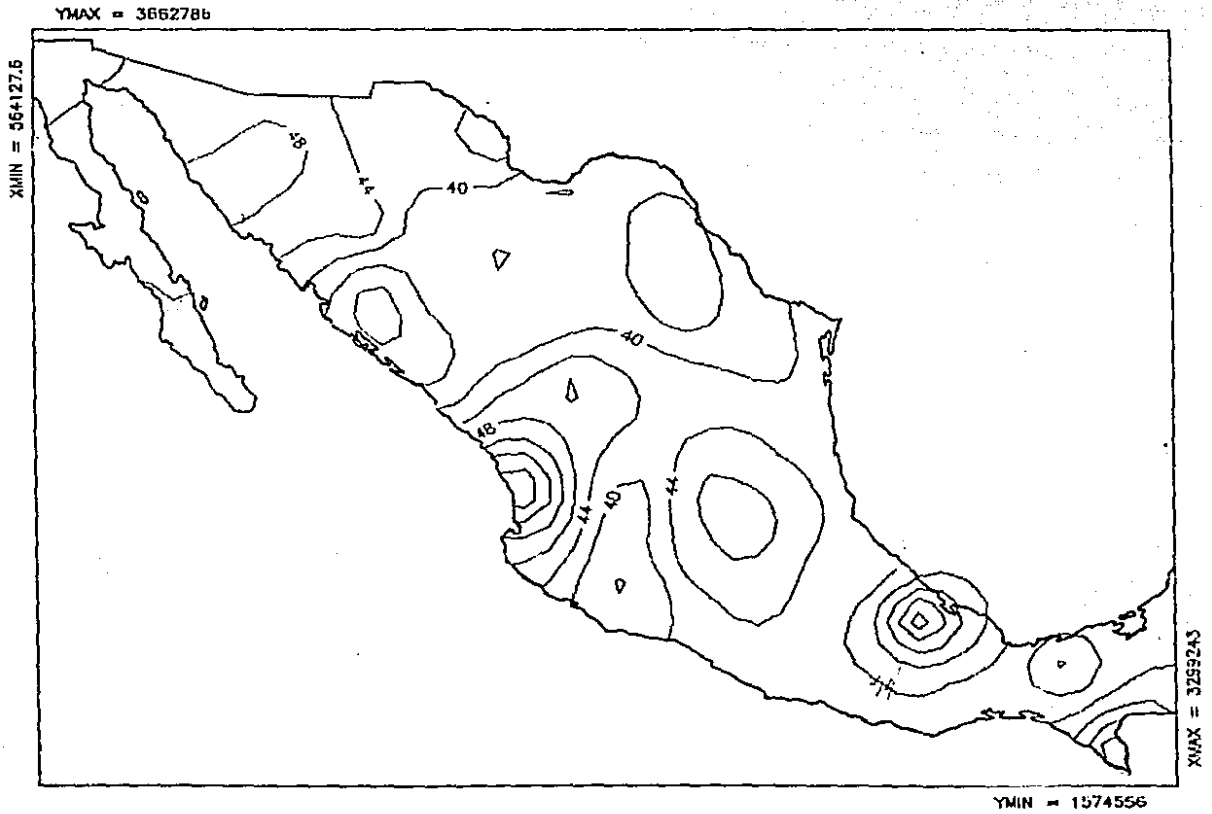
Un geotermómetro es un algoritmo que relaciona la temperatura de un yacimiento con alguna combinación lineal de los logaritmos de las concentraciones de ciertos solutos presentes en el fluido (Fournier, 1979, 1981; Fouillac y Michard, 1981). Existen diversos tipos de geotermómetros dependiendo de la naturaleza de los componentes seleccionados, entre ellos: geotermómetros químicos, geotermómetros de gases y geotermómetros isotópicos. En este estudio sólo se considerarán los primeros.

El argumento fundamental para la proposición de un geotermómetro químico es que algunas de las reacciones que ocurren entre la roca y el fluido térmico alcanzan un estado de equilibrio el cual define ciertas condiciones de presión, temperatura y concentración. Bajo estas circunstancias la combinación lineal de los componentes de la reacción reflejará la dependencia de la temperatura con respecto a la constante de equilibrio de dicho estado particular.

La mayoría de los geotermómetros propuestos hasta el momento se han desarrollado mediante procedimientos de regresión lineal empírica, sin considerar reacciones específicas roca-fluido. Entre los geotermómetros más utilizados se encuentran el Na/K (Fournier, 1981), Na/K (Truesdell, 1976a, 1976b), SiO<sub>2</sub> (Truesdell, 1976a), Na-K-Ca (Truesdell y Fournier, 1973), Na/Li (Fouillac y Michard, 1981), K-Mg (Giggenbach et al., 1983) y Geotermómetro de Composición Catiónica (Nieva y Nieva, 1987), entre otros.

En el presente trabajo se utilizaron los geotermómetros de K-Mg, Na-K, Na-K-Ca y SiO<sub>2</sub>. Los estadísticos fundamentales del análisis de 828 muestras de agua se presentan en la Tabla 3.3.

FIGURA 3.38



CONFIGURACION DE  $SiO_2$  EN AGUAS TERMALES DE MEXICO

TABLA 3.3. TEMPERATURAS CALCULADAS MEDIANTE GEOTERMOMETROS QUIMICOS EN AGUAS TERMALES DE MEXICO (Torres-Rodríguez, 1989)

GEOTERMOMETRO	No. de DATOS	TEMP. MAXIMA	TEMP. MINIMA	TEMP. MEDIA	DESV. ESTAND.
K-Mg	827	167	9.3	77.3	24.6
Na-K	819	529	4.6	176.9	110.7
Na-K-Ca ( $\beta=4/3$ )	816	319	3.2	79.7	40.1
Na-K-Ca ( $\beta=1/3$ )	826	328	19.1	149.4	46.1
SiO <sub>2</sub>	828	341	4.5	113.6	30.8

GEOTERMOMETRO POTASIO-MAGNESIO: Propuesto por Giggenbach y colaboradores en 1983, este geotermómetro se utiliza en situaciones en las que el calcio y el sodio no pueden equilibrarse rápidamente. La ecuación propuesta por estos autores es:

$$T(\text{KMg}) = [4410 / (13.95 - \log(K^*/K/\text{Mg}))] - 273.15$$

donde K y Mg estan expresados en mg/Kg.

El geotermómetro K-Mg es un geotermómetro "conservador" ya que si se le compara con otros, sus temperaturas son en general bajas. Así, por ejemplo, del análisis químico de 827 muestras de aguas termales de México la máxima temperatura calculada mediante este algoritmo fue de 167°C (Figura 3.39) con una media de 77.3°C, lo cual significaría que en México no existirían yacimientos de alta entalpía, lo cual es falso. En este sentido, la utilidad de los geotermómetros estriba en definir las tendencias regionales de las temperaturas de los yacimientos. No deben tomarse como datos definitivos. En el análisis de estos resultados deberá recordarse el origen empírico de los algoritmos, y que en su planteamiento no se consideran reacciones específicas sino simples intercambios iónicos.

La configuración de temperaturas por K-Mg se ilustra en la figura 3.40 en la cual se han eliminado los datos disparados. Puedo observarse para la región norte de México que las temperatura se incrementan en dirección Oeste con anomalías máximas en la porciones central y sur del Estado de Sonora, desembocadura del Río Santiago en Nayarit y el sur de San Luis Potosí. Por su parte en la región del CVT las anomalías son más puntuales restringiéndose a localidades como soroeste de Colima, oeste del Lago de Chapala y porción oriental del Estado de Queretaro. En el sur de México solo se registraron temperaturas altas en los límites entre Morelos y Guerrero y en la región volcánica de Tacaná.

GEOTERMOMETRO SODIO-POTASIO: Se trata de un geotermómetro alcalino en el que las relaciones de concentración de los iones sodio y potasio están controladas por un equilibrio mineralógico

HISTOGRAMA EXPERIMENTAL

Lim. SUP. IFRG. IFRG. RLIE

7.351	01	.0041
12.431	13	.1231
15.951	21	.2441
19.221	31	.3641
22.521	31	.3641
25.821	31	.3641
29.121	71	.8541
32.421	61	.7341
35.711	51	.6041
39.011	101	1.2141
42.311	141	1.6941
45.611	221	2.6441
48.911	191	2.3041
52.201	181	2.1041
55.501	301	3.6341
58.801	291	3.5141
62.101	291	3.5141
65.401	531	6.4141
68.701	591	7.1341
71.991	531	6.4141
75.291	601	7.2641
78.591	471	5.6641
81.891	451	5.4441
85.191	381	4.5741
88.481	391	4.7241
91.781	451	5.6041
95.081	301	3.6341
98.381	211	2.5441
101.681	211	2.5441
104.971	121	1.4541
108.271	141	1.6941
111.571	161	1.9341
114.871	101	1.2141
118.171	121	1.4541
121.461	51	.6041
124.761	41	.7341
128.061	71	.8541
131.361	61	.7341
134.661	21	.2441
137.951	31	.3641
141.251	61	.7341
144.551	21	.2441
147.851	51	.6041
151.151	21	.2441
154.441	01	.0041
157.741	11	.1231
161.041	01	.0041
164.341	11	.1231
167.641	31	.3641
1	01	.0041

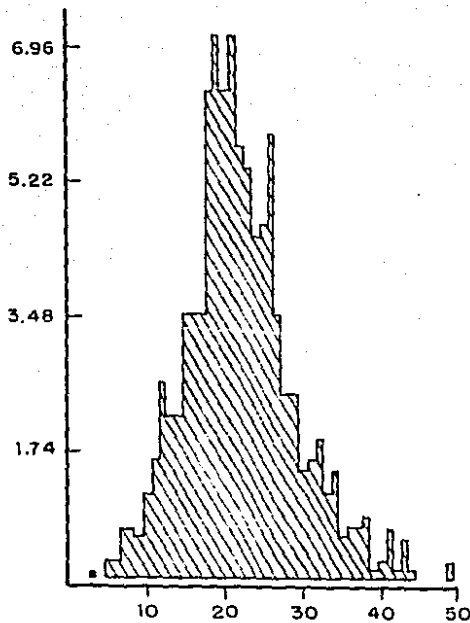


Figura 3.39. Histograma experimental para el geotermómetro K-Mg. La columna de la izquierda representa las marcas de clase, expresadas en °C.

INTERVALOS DE CLASE



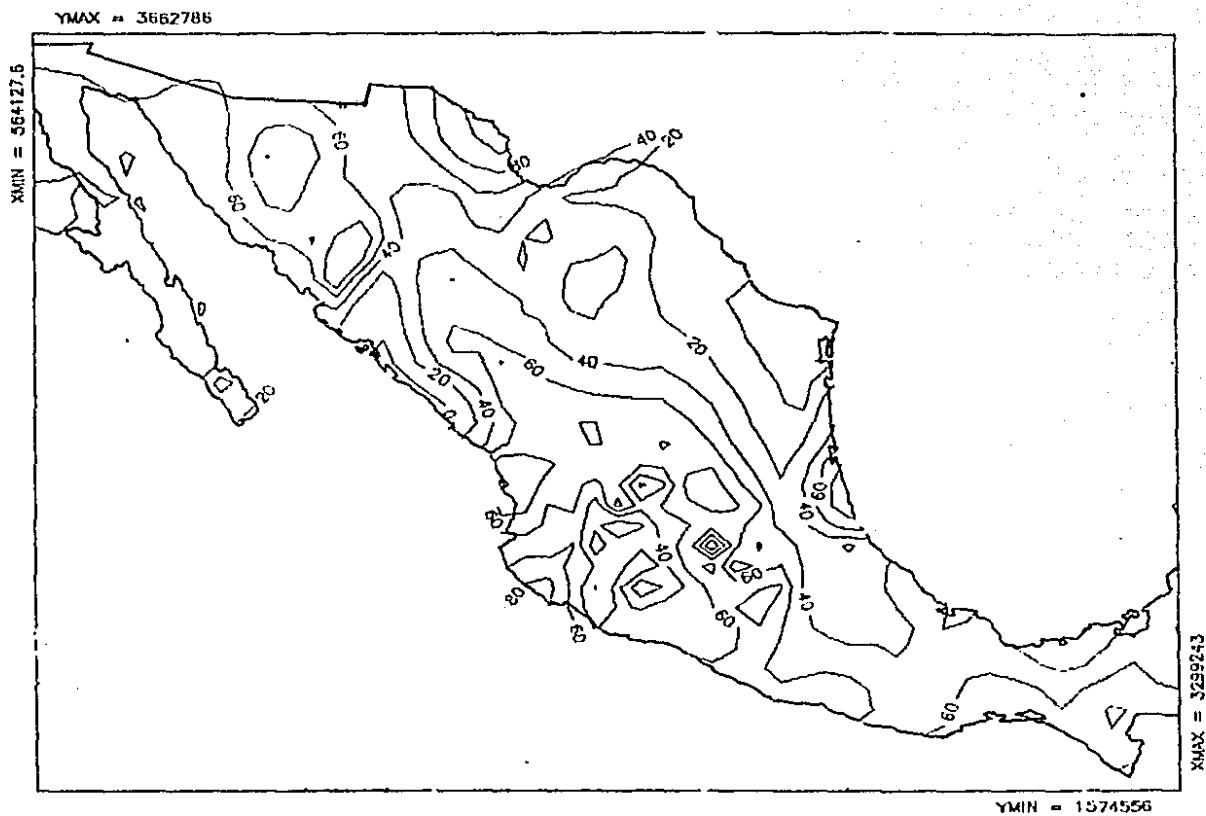


FIGURA 3.40. Configuración del geotermómetro K-Mg.

relativamente simple entre feldespatos y micas, que son los que contienen las mayores proporciones de tales elementos. Se ha observado, que la relación atómica Na/K arriba de los 180°C guarda una estrecha correspondencia con la temperatura, sobre todo en las reacciones de alteración de los feldespatos, siendo la principal la sustitución de sodio por potasio o viceversa. El problema para la explicación formal de las reacciones que verdaderamente ocurren estriba en definir los tipos de feldespatos que presenta originalmente la roca ya que un mismo mineral puede presentar polimorfos de alta o baja temperatura.

El algoritmo utilizado en este trabajo fue el propuesto por Truesdell (1976a, 1976b):

$$T(\text{Na/K}) = [855.6 / (\log(\text{Na/K}) + 0.8573)] - 273.15$$

donde las concentraciones de Na y K vienen expresadas en mg/Kg.

Las temperaturas obtenidas mediante el geotermómetro de sodio-potasio son las más altas de entre los geotermómetros utilizados, registrándose temperaturas de hasta 529°C. La media obtenida es muy "optimista" con un valor de 176°C (Figura 3.41). Estos resultados anormalmente altos se obtienen cuando la temperatura real del yacimiento es inferior a los 200°C (Truesdell, 1984). En consecuencia la aplicabilidad de este geotermómetro se restringe a los campos de los cuales se tengan antecedentes de ser de alta entalpía.

No obstante las restricciones anteriores, la configuración de temperaturas Na-K (basada en 819 datos) presenta aspectos regionales interesantes como se puede observar en la figura 3.42) Las anomalías más conspicuas se localizan a lo largo de estructuras regionales como el graben Tepic-Chapala (Río Santiago), región de Salamanca-Querétaro, región de San Luis Potosí-Sombrerete y región de Jalapa-Orizaba.

**GEOTERMOMETRO SODIO-POTASIO-CALCIO:** Este geotermómetro fue desarrollado por Fournier y Truesdell en 1973 siendo en la actualidad uno de los más utilizados.

Como en los geotermómetros anteriores, en el de Na-K-Ca no se consideran equilibrios particulares mineral-fluido sino intercambios iónicos netos. La ventaja de este algoritmo es que considera también la participación del calcio el cual es un elemento común aportado por minerales como la calcita, epidota y plagioclasas, mismos que juegan un papel muy importante en la química del fluido.

Las reglas de aplicación del geotermómetro son complicadas. Con base en resultados empíricos, Fournier y Truesdell (1984) recomiendan que el intervalo de aplicación es de 100 a 300°C. Cuando la temperatura calculada es menor a 100°C y el  $[\log(\text{Ca/Na}) + 2.06 > 0]$  deberá utilizarse un  $\beta = 4/3$ . Pero si

HISTOGRAMA EXPERIMENTAL

LIM. SUP.	IFRG.	IFRG. REL.
4.6	01	.0091
5.3	10	.1091
5.9	01	.0091
6.8	21	.2491
7.6	17	.1991
8.7	31	.3791
9.8	21	.2491
11.1	21	.2491
12.6	01	.0091
14.3	21	.2491
16.3	41	.4491
18.4	51	.5491
20.9	71	.7491
23.6	41	.4491
26.8	51	.5491
30.3	91	.9491
34.5	61	.6491
38.9	141	1.4491
44.3	101	1.0091
49.9	181	1.8091
55.1	141	1.4091
64.1	171	1.7091
73	341	3.4091
82.3	461	4.6091
93.7	451	4.5091
105	621	6.2091
120	571	5.7091
137	391	3.9091
154	551	5.5091
175	421	4.2091
198	451	4.5091
225	571	5.7091
255	801	8.0091
290	621	6.2091
327	441	4.4091
372	381	3.8091
420	151	1.5091
478	41	.4091
529	61	.6091

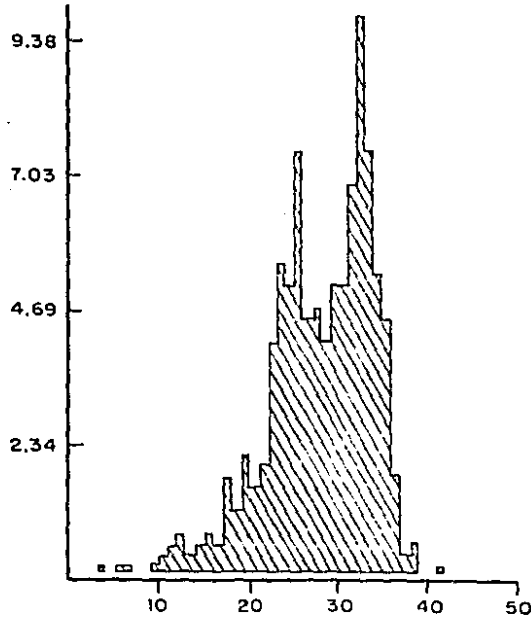


Figura 3.41. Histograma experimental del geotermómetro Na-K. La columna de la izquierda representa las marcas de clase, expresadas en °C.

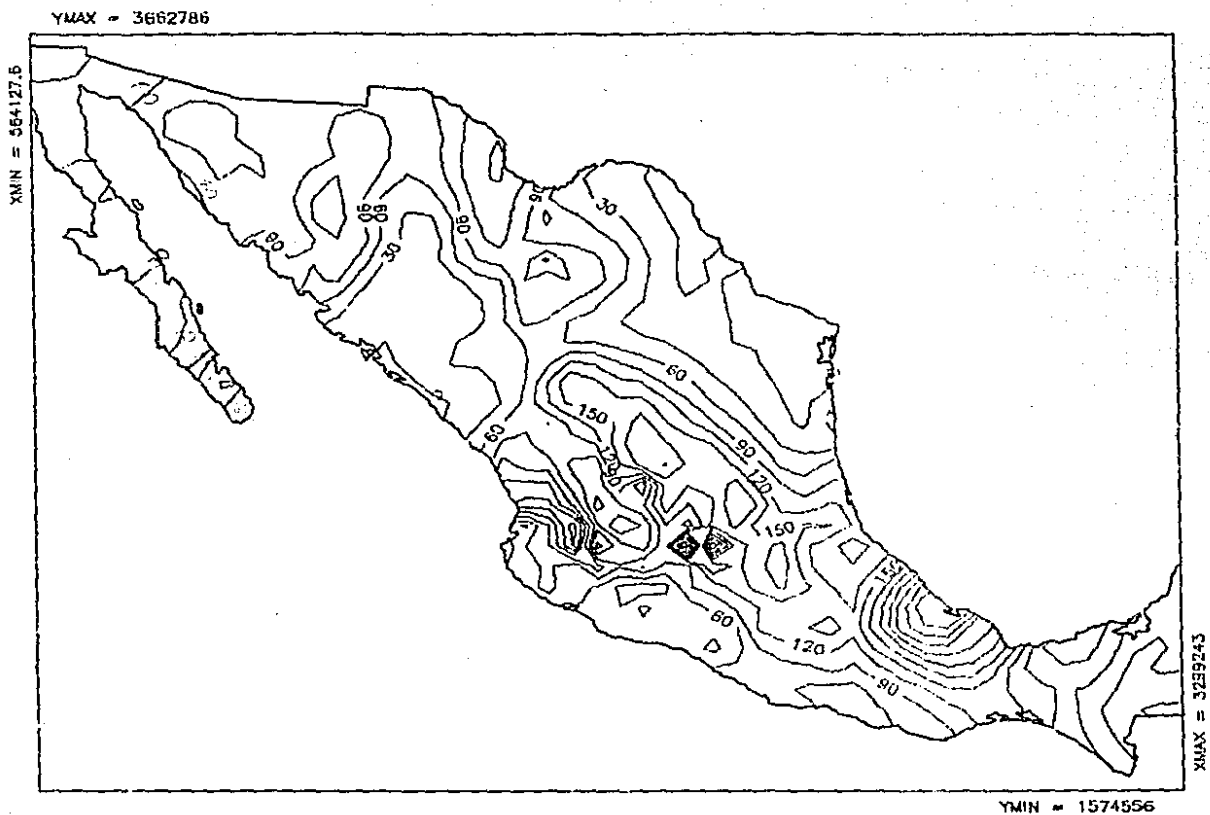


FIGURA 3.42. Configuración del Geotermómetro Na-K

ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA

la temperatura calculada es mayor que 100°C (utilizando  $\beta = 4/3$ ) o la función anterior es negativa, deberá utilizarse un  $\beta = 1/3$ .

Las temperaturas obtenidas utilizando ambos valores de  $\beta$  se ilustran en las figuras 3.43 a 3.47. Para el caso en que  $\beta = 4/3$  el valor máximo obtenido es de 319°C con una media de 79.7°C. Con este algoritmo, el número de localidades con temperaturas mayores de 150°C es de 39, las cuales se localizan en: noroeste del Estado de Chihuahua (a la largo del Río Bravo), oeste de Queretaro, región limitrofe entre los estados de Morelos y Guerrero, y región costera del Golfo de Mexico (zona de Tuxpan). Por su parte, utilizando  $\beta = 1/3$  las temperaturas calculadas son mayores, alcanzando una media de 149°C (Figura 3.45). Las mayores anomalías regionales se localizan, además de las zonas mencionadas en el parrafo anterior, a lo largo del graben de Tepic (Nay.)-Chapala (Jal.), región de San Luis (SLP)-Sombrerete (Zac.), Salamanca (Gto.)-Querétaro y Jalapa-Orizaba (Ver.) (Figura 3.46). Todas estas zonas coinciden con las detectadas con el geotermómetro Na-K.

GEOTERMOMETRO SiO<sub>2</sub>: El geotermómetro de sílice tiene su base en la variación de la solubilidad del cuarzo con respecto a la temperatura. El algoritmo propuesto por Truesdell en 1976, para un intervalo de aplicación entre 0 y 250°C es:

$$T(\text{SiO}_2) = [1309 / (5.19 - \log(\text{SiO}_2))] - 273.15$$

donde SiO<sub>2</sub> está expresado en mg/kg. Esta ecuación proporciona la temperatura de equilibrio del agua termal asumiendo que no existe precipitación de sílice, no hay pérdida de vapor y no se presentan mezclas de aguas.

Las temperaturas de SiO<sub>2</sub> obtenidas son del tipo "optimistas" con resultados entre 4.5 y 341°C, con una media de 113°C (Figura 3.47). Según este geotermómetro, de 828 manifestaciones estudiadas, 88 presentan temperaturas mayores a 150°C. El mapa de isotermas de SiO<sub>2</sub> (Figura 3.48) presenta prácticamente las mismas tendencias regionales y anomalías registradas mediante el geotermómetro Na-K-Ca.

HISTOGRAMA EXPERIMENTAL

LIM. SUP. INF. FRE. REL. (%)

3.221	01	0.0541
9.511	51	0.4141
16.191	191	2.3541
22.981	181	1.7641
29.571	151	1.5441
36.151	211	2.5741
42.741	411	5.0241
49.521	411	5.0241
55.911	711	8.7041
62.501	541	6.8241
69.081	701	8.5541
75.671	681	8.3341
82.261	581	7.1241
88.841	521	6.5741
95.431	441	5.3541
102.011	431	5.2341
108.601	521	6.5741
115.191	261	4.4141
121.771	321	3.9241
128.351	121	1.4741
134.951	91	1.1941
141.531	131	1.5741
148.121	51	0.4141
154.701	61	0.4941
161.291	21	0.2641
167.881	61	0.7441
174.461	11	0.3941
181.051	11	0.3941
187.641	41	0.6941
194.221	31	0.5741
200.811	21	0.2641
207.391	11	0.2641
213.981	11	0.2641
220.571	11	0.2641
227.151	01	0.0041
233.741	01	0.0041
240.321	11	0.2641
246.911	01	0.0041
253.501	01	0.0041
260.091	01	0.0041
266.671	21	0.2641
273.261	11	0.2641
279.841	01	0.0041
286.431	01	0.0041
293.021	21	0.2641
299.601	01	0.0041
306.191	01	0.0041
312.781	01	0.0041
319.361	11	0.2641
1	01	0.0041

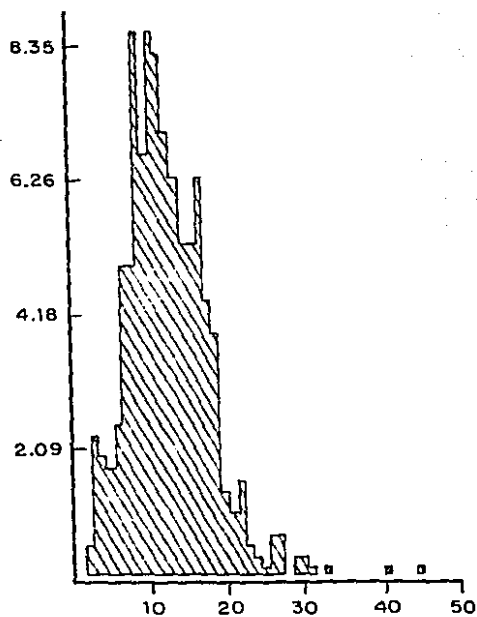
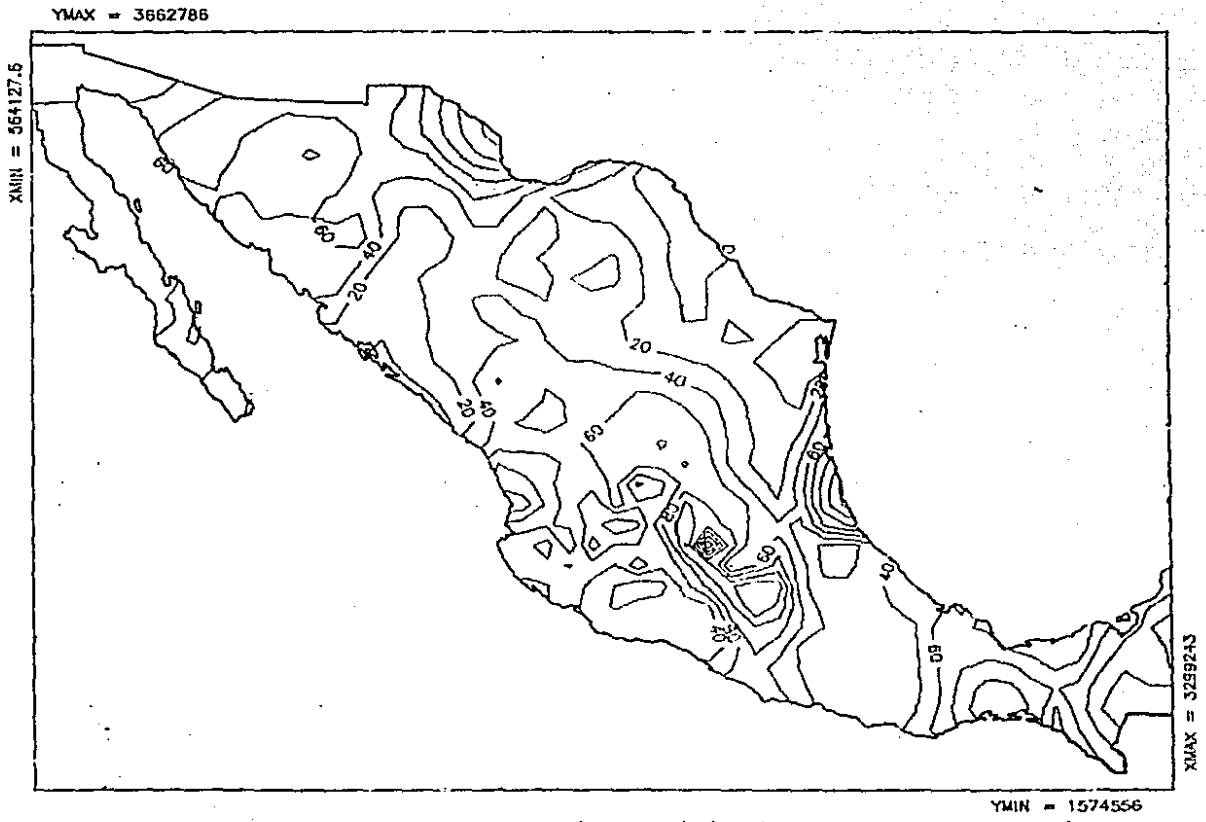


Figura 3.43. Histograma experimental del geotermómetro Na-K-Ca ( $h=4/3$ ). La columna de la izquierda representa las marcas de clase, expresadas en °C.

INTERVALOS DE CLASE

FIGURA 3.44

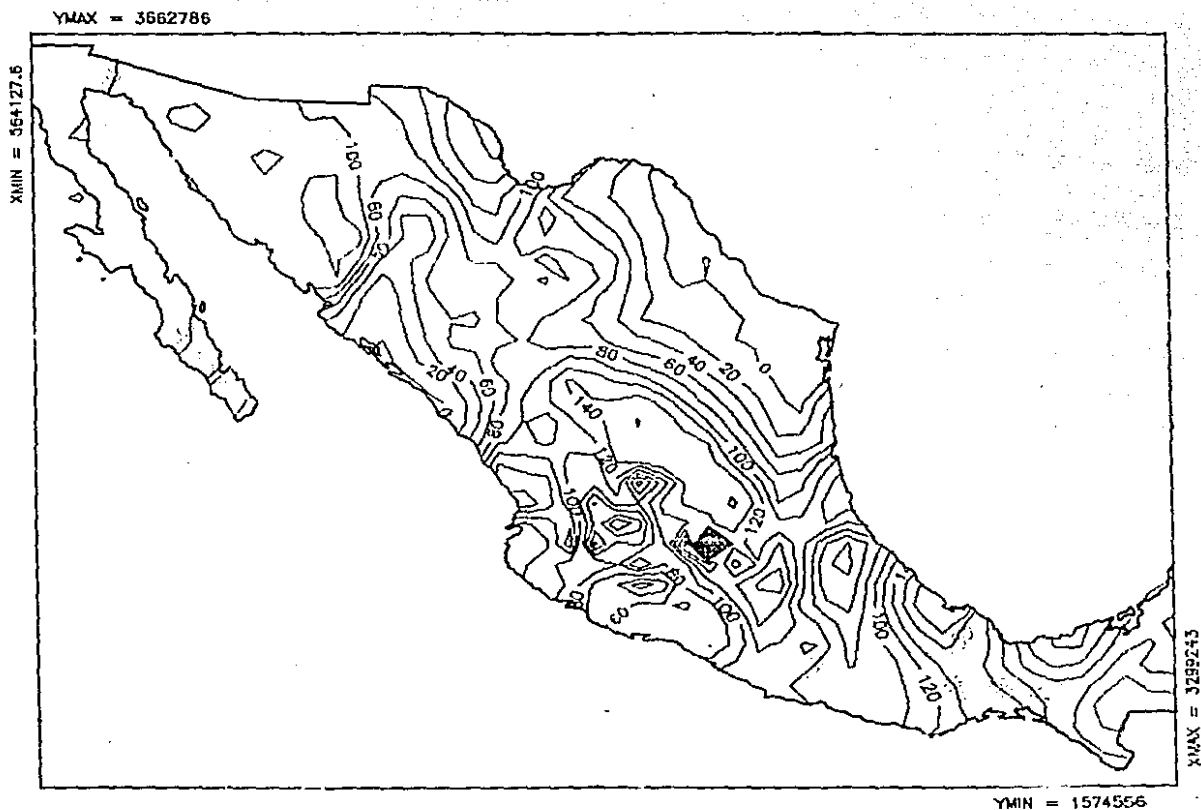


GEOTERMOMETRO Na-K-Ca ( $b=4/3$ ) (Torres R., 1989)





FIGURA 3.46



GEOTERMOMETRO NA-K-Ca ( $b=1/3$ ) (Torres R., 1989)

HISTOGRAMA EXPERIMENTAL

LN. SUP. FREQ. FREQ. CLAS

4.591	01	.0001
11.431	11	.1201
19.427	01	.0001
25.541	11	.1201
37.601	11	.1201
49.671	01	.0001
45.691	21	.2401
53.701	51	.6001
60.711	31	1.0001
67.741	170	2.2001
74.751	101	1.5001
81.771	260	3.1001
85.791	451	5.1001
95.801	741	5.7001
102.821	931	10.0001
107.841	751	2.4001
111.851	741	3.7001
125.871	1001	12.4001
130.881	581	7.0001
137.901	751	5.0001
144.921	591	5.0001
151.931	341	4.1001
156.951	121	1.4001
165.971	141	1.4001
172.991	51	.9001
180.001	51	.4001
187.011	11	.1201
194.031	31	.2001
201.051	11	.1201
205.061	31	.2001
215.081	11	.1201
223.101	01	.0001
229.111	11	.1201
234.131	21	.2001
241.151	01	.0001
250.161	01	.0001
257.181	01	.0001
264.191	01	.0001
271.211	21	.2001
278.231	01	.0001
285.241	31	.2001
292.261	01	.0001
299.281	01	.0001
305.291	01	.0001
313.311	01	.0001
320.331	01	.0001
327.341	11	.1201
334.361	01	.0001
341.371	11	.1201
1	01	.0001

INTERVALOS DE CLASE

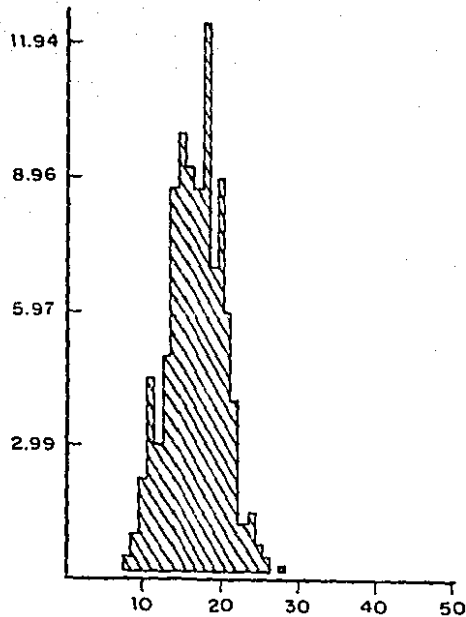


Figura 3.47. Histograma experimental del geotermómetro  $\text{SiO}_2$ . La columna de la izquierda corresponde a las marcas de clase del ln de la concentración .

FIGURA 3.48



GEOTERMOMETRO SiO<sub>2</sub> (Torres R., 1989)



CAPITULO 4

ANALISIS FACTORIAL

El propósito del análisis factorial es interpretar la estructura dentro de la matriz variancia-covariancia de una colección de datos multivariables. La técnica consiste en la obtención de eigenvalores y eigenvectores de las matrices de correlación o de variancias. Las bases teóricas del análisis factorial así como algunas de sus aplicaciones en geología pueden consultarse en Koch, 1970; Joreskog, et al., 1976; Harbauch y Bonham, 1970, entre otros.

Mediante el análisis de eigenvalores es posible reducir el número de variables que caracterizan a un fenómeno en función de su real aportación para la comprensión de éste. Así, por ejemplo, a partir de la matriz de eigenvalores (Tabla ) podrá observarse

TABLA . MATRIZ DE CORRELACION (RESUMEN)

NUMERO DEL EIGENVECTOR	EIGENVALOR	PORCENTAJE DE TRAZAS	PORCENTAJE ACUMULATIVO
e(1)	7.6015	29.2364	29.2364
e(2)	4.6193	17.7665	47.0029
e(3)	2.1670	8.3346	55.3374
e(4)	1.7047	6.5565	61.8940
e(5)	1.2983	4.9933	66.8873
e(6)	1.0688	4.1109	70.9982
e(7)	1.0109	3.8882	74.8864
e(8)	.9445	3.6327	78.5191
e(9)	.8847	3.4027	81.9217
e(10)	.7169	2.7574	84.6792
e(11)	.6799	2.6148	87.2940
e(12)	.6310	2.4271	89.7211
e(13)	.4543	1.7474	91.4685
e(14)	.4187	1.6103	93.0788
e(15)	.3208	1.2338	94.3126
e(16)	.2905	1.1172	95.4298
e(17)	.2377	.9144	96.3442
e(18)	.2236	.8601	97.2043
e(19)	.2019	.7767	97.9810
e(20)	.1756	.6753	98.6563
e(21)	.1482	.5698	99.2262
e(22)	.0755	.2904	99.5166
e(23)	.0599	.2302	99.7468
e(24)	.0378	.1455	99.8923
e(25)	.0161	.0618	99.9541
e(26)	.0119	.0459	100.0000

que con sólo 12 eigenvalores de las 26 variables involucradas es posible explicar cerca del 89.7% de la variabilidad de los datos. Dicho en otras palabras, existe un número de variables (14) que no aportan al conocimiento del fenómeno, o bien, son redundantes. La aportación efectiva de estas últimas es del 11.3% de la variabilidad del sistema.

El problema a partir de esta simplificación consiste en determinar las propiedades reales que participan en la configuración de los eigenvectores, ya que cada vector estará formado por aportaciones ponderadas de cada propiedad medida, de las cuales algunas tendrán un peso importante.

Para conocer cuáles son las variables que caracterizan al sistema y cuáles son redundantes, deberá realizarse un estudio minucioso de cada una de las componentes de los eigenvalores, mediante el análisis de la matriz de ejes principales (Tabla 4.2) y de la de factores de peso (Tabla 4.3). En dichas matrices las columnas representan los eigenvectores mientras que los renglones representan a cada una de las propiedades originales.

Para ilustrar lo anterior, el eigenvector 1 (columna 1) estará compuesto por una combinación vectorial de la forma:

$$e(1) = 0.0371(\text{Long}) + 0.0247(\text{Lat}) + 0.002(\text{Tipo Manif}) \\ - 0.0412(\text{F.Calorif.}) + \dots$$

El vector anterior puede interpretarse como función del peso que aportan cada una de las variables originales. Obsérvese que los valores de los coeficientes de variables como la longitud, latitud y tipo de manifestación, entre otras, no aportan mucho a la magnitud total del vector. Las que verdaderamente lo hacen son el pH (0.2623), conductividad eléctrica (0.2136) y concentraciones de sodio (0.2280), potasio (0.2245), litio (0.2288) y cloro (0.2084). En consecuencia, el eigenvector 1 tendrá importancia para explicar aquellas propiedades del sistema que tengan que ver con pH, CE y concentración de iones alcalinos. Geológicamente este vector tendrá que ver con las propiedades químicas de los fluidos, específicamente en la alcalinidad y la salinidad. Además, este eigenvector tiene un peso en la matriz de eigenvalores de 29.2%, lo cual significa que explica cerca del 30% de las propiedades del sistema. En consecuencia, puede afirmarse que el estudio de la alcalinidad y la salinidad del fluido de un sistema geotérmico explicarán cerca del 30% del problema.

El vector e(2) tiene entre sus componentes principales la CE, Na, Li y Cl. El pH tiene un valor grande pero negativo. Las demás variables tienen valores poco significativos. El significado geológico del vector recae sobre todo en el comportamiento de la salinidad ya que los iones mencionados son los que favorecen dicha propiedad. Este vector junto con el anterior tienen un peso total de 47%. Esto equivale a decir que conociendo la salinidad y la alcalinidad de un sistema de aguas termales se tendrá el 47%

TABLA 4.2. MATRIZ DE EJES PRINCIPALES

	e(1)	e(2)	e(3)	e(4)	e(5)	e(6)	e(7)	e(8)	e(10)	e(11)	e(12)	e(13)
LOGS.	0.0371	0.0782	0.4244	0.4234	0.0294	-0.1766	-0.0434	-0.2147	0.0395	-0.0506	-0.1189	0.0982
LAT.	0.0247	0.0470	0.4677	0.4542	0.0255	-0.1018	0.0787	-0.0252	-0.0447	0.0599	-0.0627	-0.1073
TIPO MAR.	0.0020	-0.0360	-0.1657	0.3290	-0.2578	-0.4383	0.0405	0.3426	-0.4011	-0.2413	-0.2437	0.0561
FR.CAL.	-0.0412	0.0367	0.0920	-0.1189	0.1661	-0.1521	-0.7363	0.2966	0.3140	0.1124	0.1881	0.0381
TIPO SIST.	0.0199	0.0923	0.4747	-0.3987	-0.0860	0.0994	-0.0503	0.0616	-0.0302	-0.1045	-0.1298	-0.0244
HMD	0.0513	-0.0514	0.1587	0.2839	0.2305	0.3604	0.4203	0.2744	0.2096	-0.2231	0.3243	0.0793
GASTO	0.0166	-0.0282	-0.0140	0.2081	0.0638	0.6645	-0.2352	0.2375	-0.5487	0.1854	-0.0950	0.0354
PI	0.2623	-0.2447	0.0151	0.0572	-0.0565	0.0082	-0.0134	0.0150	0.0423	0.2205	-0.0510	-0.1645
C.E.E.	0.2136	0.3990	-0.0829	0.0260	-0.1016	0.0993	0.0538	0.1824	0.1602	0.1581	0.0020	-0.0632
Na	-0.2280	0.3242	-0.0859	0.0001	-0.0072	0.0572	0.0525	0.1968	0.1111	-0.0156	-0.1005	-0.1455
K	0.2445	0.2502	-0.0796	-0.0245	0.1295	-0.0062	-0.0334	-0.0405	0.0157	-0.1247	-0.2166	0.0681
Ca	0.1919	0.2065	-0.0405	0.0865	-0.4169	0.0964	-0.0317	-0.0966	0.1204	0.1937	0.1278	0.2063
Mg	0.1883	0.1962	-0.0819	0.1176	-0.0398	0.2035	-0.2079	-0.3137	-0.0404	-0.4962	-0.0325	-0.2346
LI	0.2268	0.2608	-0.0443	-0.0601	0.2427	-0.1129	0.0784	0.0258	-0.1187	0.1427	0.0104	-0.0584
SI02	0.1859	-0.2090	0.0263	-0.1049	-0.3394	-0.1133	0.0697	0.2297	-0.1353	-0.4304	0.4364	-0.1839
Cl	0.2094	0.3304	-0.0977	0.3062	-0.3001	0.0192	0.0483	0.0205	0.1187	-0.0760	-0.0940	-0.1371
B	0.1878	0.1542	0.0218	-0.1177	0.2029	-0.1977	0.0727	0.0000	0.2897	0.0321	0.3396	0.6093
NO3	0.2257	-0.0180	-0.0175	-0.0174	0.4231	-0.0543	-0.0726	-0.3393	-0.2364	0.0969	0.0730	-0.2479
SO4	0.1748	0.1204	0.0701	0.0943	-0.4355	0.0750	-0.0277	-0.0371	-0.1362	0.0294	0.3811	0.1054
SO4-1	0.2912	-0.2092	0.0760	-0.0251	-0.2846	0.0846	0.0846	0.0332	0.0347	0.2507	-0.0607	-0.0208
SO4-2	0.2964	-0.2306	0.1176	0.0254	0.0073	0.1313	0.1273	0.0191	0.2036	-0.2765	0.3252	0.5066
SO4-3	0.3032	-0.2537	0.0360	-0.0425	0.1177	-0.0302	-0.0209	-0.0195	0.0103	0.0322	-0.1345	-0.1210
SO4-4	0.2823	-0.2553	-0.0358	-0.1291	0.1103	0.0094	-0.0643	-0.0379	0.1126	-0.0627	-0.1586	0.1349
SO4-5	0.2810	-0.2710	0.0175	-0.0316	-0.1101	0.0094	-0.0643	0.0103	0.0322	-0.0627	-0.1586	-0.1349
SO4-6	0.2807	-0.2707	0.0175	-0.0316	-0.1101	0.0094	-0.0643	0.0103	0.0322	-0.0627	-0.1586	-0.1349
SO4-7	0.2804	-0.2704	0.0175	-0.0316	-0.1101	0.0094	-0.0643	0.0103	0.0322	-0.0627	-0.1586	-0.1349
SO4-8	0.2801	-0.2701	0.0175	-0.0316	-0.1101	0.0094	-0.0643	0.0103	0.0322	-0.0627	-0.1586	-0.1349
SO4-9	0.2798	-0.2698	0.0175	-0.0316	-0.1101	0.0094	-0.0643	0.0103	0.0322	-0.0627	-0.1586	-0.1349
SO4-10	0.2795	-0.2695	0.0175	-0.0316	-0.1101	0.0094	-0.0643	0.0103	0.0322	-0.0627	-0.1586	-0.1349
e(14)	0.0880	-0.2965	0.2992	-0.0693	-0.1931	-0.4166	-0.1527	-0.0247	-0.0285	-0.0042	-0.0159	0.0889
-0.0203	0.0880	-0.2965	0.2992	-0.0693	-0.1931	-0.4166	-0.1527	-0.0247	-0.0285	-0.0042	-0.0159	0.0889
-0.0185	-0.0893	0.3198	-0.3368	0.0471	0.1938	0.4607	0.1645	0.0439	0.0167	-0.0148	0.0085	-0.0363
-0.1779	-0.0928	0.0436	0.0668	-0.0372	-0.0603	-0.0571	-0.0336	-0.0087	-0.0076	0.0006	0.0149	-0.0012
-0.0037	-0.0065	-0.0241	-0.0088	-0.0107	0.0423	0.1166	0.0281	0.0042	0.0021	-0.0158	-0.0094	0.0043
0.1564	-0.2367	0.1753	-0.0933	-0.5888	-0.2416	-0.0752	-0.0363	-0.0133	-0.0254	-0.0037	0.0131	-0.0041
0.1199	-0.0004	-0.0737	0.0229	-0.0159	-0.0042	-0.0738	-0.0304	-0.0207	0.0313	0.0143	0.0072	0.0002
0.0074	0.0012	-0.0719	0.0369	-0.0302	-0.0360	-0.0324	0.0064	0.0006	0.0087	-0.0027	-0.0004	-0.0016
-0.1238	-0.1219	0.4481	-0.1110	0.1715	0.0112	-0.3614	-0.3832	-0.2426	-0.1611	0.3692	-0.0800	-0.0346
0.1650	-0.1566	0.1670	0.3941	0.1295	-0.3391	0.1931	0.1671	-0.4373	0.3319	-0.0137	0.0093	-0.0467
-0.0944	-0.1102	-0.0636	-0.0726	0.0690	-0.0676	-0.0652	0.0624	0.2614	-0.1582	0.0530	-0.2881	0.7108
0.0442	-0.4047	-0.1442	-0.6404	0.0477	-0.1451	-0.1244	-0.0576	-0.3058	0.2131	-0.0146	0.0348	-0.0682
0.5628	0.3535	0.1351	0.0292	-0.0714	0.1402	0.0114	-0.0834	0.2918	-0.1509	0.0374	-0.0230	-0.0586
-0.2739	0.2822	0.3027	0.2801	-0.1399	0.1600	0.0382	0.0696	-0.0767	-0.0041	-0.0049	-0.0232	0.0280
0.0929	-0.1970	-0.2153	0.1180	-0.2470	0.6504	0.0593	-0.3351	-0.1820	0.1339	-0.0058	0.396	0.0004
0.1983	0.0597	-0.1684	-0.0389	-0.0409	0.0043	0.1175	0.0671	-0.1808	-0.2765	0.1446	0.0785	0.0222
-0.2146	-0.2455	-0.0384	-0.0515	0.0799	-0.0064	-0.1508	0.0993	0.3407	-0.2855	-0.0591	0.1696	-0.5908
-0.2552	0.0891	0.3987	0.0663	-0.0120	-0.1252	0.0262	0.0172	0.0252	-0.0545	-0.0036	-0.0070	0.0247
0.4376	-0.1678	0.0033	-0.0312	0.1921	-0.1239	-0.1455	0.3199	0.0705	-0.0997	-0.0312	-0.0010	-0.0110
-0.2273	-0.3354	-0.3554	-0.1959	0.0812	-0.0892	0.0663	-0.0262	-0.0815	0.1042	-0.0059	0.0001	0.0052
-0.1453	0.1803	-0.0931	0.0709	-0.0900	0.0247	0.0554	0.1515	-0.2760	-0.3842	-0.5582	-0.3392	-0.0765
0.1307	-0.3458	-0.0200	-0.0101	0.0219	0.1586	0.0618	0.1780	-0.0862	-0.0121	0.1708	-0.3147	-0.0962
-0.0135	0.1451	-0.2109	0.1365	0.0101	-0.3262	0.5115	-0.3905	0.2863	0.0549	0.2486	-0.1771	-0.1533
0.0453	-0.1062	0.0655	-0.0035	0.0624	-0.0509	0.0802	-0.2252	0.0755	-0.0770	-0.3645	0.6041	-0.2886
-0.0977	-0.0160	0.1239	-0.0249	-0.0213	0.0770	-0.2387	0.0234	0.3406	0.6370	-0.3208	-0.2153	-0.6688
0.0372	0.1137	-0.0509	0.1675	0.6291	0.2318	-0.0364	-0.0068	-0.0023	0.0272	0.0056	0.0255	0.0126
-0.1933	0.0024	-0.2707	0.0737	-0.4107	0.1335	-0.0694	0.0222	0.0220	0.1301	0.4410	0.3086	0.0730

TABLA 4.3. MATRIZ DE FACTORES DE PESO

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
LONG.	0.1022	0.1680	0.6248	0.5529	0.1132	-0.1826	-0.0345	-0.2036	0.0372	-0.2576	-0.0417	-0.0344	0.0662
LAT.	0.0681	0.1010	0.6885	0.5931	0.0325	-0.1052	0.0731	-0.0244	-0.0420	-0.1383	0.0494	-0.0546	-0.0723
TIPO MAN.	0.0056	-0.0817	-0.2440	0.4396	-0.2937	-0.4532	0.0407	0.1332	-0.3772	0.3225	-0.1890	-0.1936	0.0378
TEC. CAL.	-0.1135	0.0831	0.1261	0.1351	0.1893	-0.1573	-0.8057	0.2303	0.2753	0.1903	0.0927	0.1494	0.0257
TIPO SIST.	0.1100	0.1985	0.6888	-0.5206	-0.0980	0.1027	-0.0506	0.0599	-0.0284	0.1181	-0.0861	-0.1831	-0.0164
EDRD	0.1414	-0.1148	0.2336	0.3707	0.2626	0.3726	0.4226	0.2667	0.2912	0.3471	-0.1840	0.2577	0.0534
GASTO	0.0457	-0.0605	-0.0206	0.2717	0.0727	0.6870	-0.2365	0.2697	-0.5151	-0.1237	0.1537	-0.0755	0.0239
pH	0.7232	-0.5260	0.0222	0.0747	-0.0986	0.0395	-0.0135	0.0146	0.0403	0.0204	0.1818	0.0431	-0.1109
C.H.	0.5889	0.6427	-0.1220	0.0340	-0.1158	0.6096	0.0541	0.1569	0.1507	-0.1371	0.1304	0.0616	-0.0426
Na	0.6287	0.6968	-0.1280	0.0001	-0.0082	0.0071	0.0527	0.1913	0.1045	-0.0741	-0.0128	-0.0798	-0.0980
K	0.6740	0.5377	-0.1172	-0.0320	0.1476	-0.0064	-0.0336	0.0394	0.0147	0.0032	-0.1028	-0.1720	0.0459
Ca	0.5291	0.4439	-0.0596	0.1129	-0.4751	0.0996	-0.0339	-0.0939	0.1132	-0.0333	0.1597	0.1015	0.1390
Mg	0.5190	0.4218	-0.1205	0.1536	-0.0454	0.2104	-0.2090	-0.3039	-0.0380	0.1565	-0.4091	-0.0258	-0.1581
Li	0.6308	0.5605	-0.0652	-0.0785	0.2765	-0.1167	0.0788	0.0251	-0.1116	0.0085	0.1177	0.0003	-0.0394
SiO2	0.5125	-0.4493	0.0387	-0.1369	-0.0448	-0.2550	-0.0701	0.2136	-0.1273	-0.3621	-0.3549	0.1466	-0.1239
Cl	0.5747	0.7100	-0.1439	0.0081	-0.0001	0.0199	0.0486	0.1948	0.1117	-0.0912	-0.0543	-0.0747	-0.0924
B	0.5176	0.3959	0.0322	-0.1536	0.3428	-0.2044	0.0731	0.0350	-0.2819	-0.0192	0.0264	0.2698	-0.4107
HCO3	0.5946	-0.0386	-0.0257	-0.0220	0.0482	-0.0613	0.0730	-0.3885	-0.2242	0.2066	0.0799	0.0580	-0.1671
SO4	-0.4810	0.2588	0.1150	0.1231	-0.5532	0.0776	0.0982	-0.3082	-0.1281	0.1838	0.0169	0.3028	0.0701
GEOT-1	0.8027	-0.4496	0.1119	-0.0328	-0.0964	-0.0502	-0.0851	0.0828	0.0326	0.1024	0.2067	-0.0482	-0.0140
GEOT-2	0.5745	-0.4957	-0.1731	0.0332	0.0425	0.1357	-0.1280	-0.1159	0.1924	-0.1027	-0.2296	-0.2584	0.3415
GEOT-3	0.8316	-0.3347	0.0531	-0.0555	0.1603	-0.0209	0.2210	-0.0199	-0.0097	0.1089	0.0772	-0.1068	-0.0821
GEOT-4	0.7797	-0.5488	-0.0822	0.0341	0.0148	0.0717	-0.0647	-0.0757	0.1060	-0.0190	-0.0517	-0.1260	0.0909
GEOT-5	0.7305	-0.5928	0.0257	-0.0426	-0.0695	-0.0571	-0.0265	0.1097	-0.0285	-0.1432	-0.0666	0.1257	-0.0995
TEMP. SUP.	0.1666	0.1624	0.7169	-0.4890	-0.1409	0.0360	-0.0437	0.1335	-0.1101	0.1100	-0.1137	-0.1176	0.0425
TEMP. VAC.	0.7744	-0.4463	0.1129	-0.0285	-0.0983	-0.0696	0.0050	0.0763	0.0262	0.0911	0.2035	-0.0766	0.0079

	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
	-0.0132	0.0498	-0.1593	0.1459	-0.0320	-0.0845	-0.0175	-0.0588	-0.0368	-0.0070	-0.0009	-0.0020	0.0009
	-0.0120	-0.0506	0.1723	-0.1642	0.0223	0.0371	0.1931	0.0633	0.0120	0.0041	-0.0029	0.0011	-0.0007
	0.1151	-0.0526	0.0235	0.0326	-0.0176	-0.0271	-0.0281	-0.0129	-0.0021	-0.0019	0.0001	0.0019	-0.0001
	-0.0024	-0.0037	-0.0130	-0.0043	-0.0051	0.0190	0.0070	0.0109	0.0012	0.0005	-0.0030	0.0012	0.0005
	0.1012	-0.1341	0.0245	-0.0150	-0.2721	-0.1036	-0.0320	-0.0140	-0.0036	-0.0062	-0.0007	0.0017	-0.0004
	0.0776	-0.0003	-0.0397	0.0112	0.0075	-0.0019	-0.0309	-0.0117	-0.0057	0.0077	0.0023	0.0029	0.0000
	0.0048	0.00007	-0.0388	0.0180	-0.0143	-0.0162	-0.0136	0.0025	0.0002	-0.0021	-0.0005	0.0000	-0.0002
	-0.0801	-0.0690	0.2415	-0.0541	0.0311	0.0050	-0.0154	-0.1475	-0.0667	-0.0394	0.0718	-0.0101	-0.0038
	0.1068	-0.0987	0.0900	0.0922	0.0612	-0.1524	0.0809	0.0643	-0.1202	0.0788	-0.0027	0.0113	-0.0051
	-0.0611	-0.0945	-0.0343	-0.0354	0.0322	-0.0304	-0.0273	0.0240	0.0718	-0.0387	0.0103	-0.0365	0.0776
	0.0296	0.2292	-0.0777	-0.3122	0.0226	-0.0652	-0.0521	-0.0222	-0.0840	-0.0521	-0.0028	0.0044	-0.0074
	0.3641	0.2002	0.0717	0.0143	-0.0338	0.0630	-0.0048	-0.0321	0.0802	-0.0369	0.0073	-0.0029	-0.0064
	-0.1772	0.1598	0.1631	0.1366	-0.0662	0.3719	0.0160	0.0268	-0.0211	-0.0010	-0.0009	-0.0029	0.0031
	0.0601	-0.1116	-0.1160	0.0575	-0.1160	0.2923	0.0248	-0.1230	0.0500	0.0303	-0.0011	0.0050	0.0000
	0.1283	0.0333	-0.0907	-0.0190	-0.0193	0.0019	0.0492	0.0258	0.0497	-0.0076	0.0281	0.0100	0.0024
	-0.1388	-0.1391	-0.0207	-0.0251	0.0378	-0.0029	-0.0632	0.0382	0.0936	-0.0698	-0.0115	0.0240	-0.0645
	-0.1651	0.0505	0.1664	0.0323	-0.0057	-0.0563	0.0110	0.0066	0.0262	-0.0133	0.0007	-0.0009	0.0027
	0.2831	-0.0950	0.0018	-0.0152	0.0908	-0.0567	0.0610	0.1231	0.0194	-0.0244	-0.0061	-0.0001	-0.0012
	-0.1471	-0.1900	-0.1915	-0.0955	0.0384	-0.0401	0.0278	-0.0101	-0.0124	0.0255	-0.0012	0.0000	0.0006
	-0.0940	0.1021	-0.0502	0.0346	-0.0426	0.0104	0.0232	0.0583	-0.0758	-0.0940	-0.1086	-0.0430	-0.0084
	0.0845	-0.1959	-0.0108	-0.0049	0.0104	0.0774	0.0022	0.0222	0.0225	-0.0025	0.0000	0.0000	0.0000
	-0.0282	0.0922	-0.1136	0.0666	0.0348	-0.1466	0.2144	-0.1503	0.0797	0.0134	0.0000	-0.0224	-0.0167
	0.0099	-0.0601	0.0353	-0.0046	0.0225	-0.0229	-0.0336	-0.0867	0.0207	-0.0188	-0.0709	0.0867	0.0315
	-0.0050	-0.1312	-0.0668	-0.0121	-0.0137	0.0346	-0.1090	0.0090	0.0936	0.1558	-0.0624	-0.0273	-0.0075
	0.0241	0.0627	-0.0307	0.0817	0.2375	0.1041	-0.0153	-0.0036	-0.0008	0.0067	0.0011	0.0032	0.0014
	-0.1287	0.1152	-0.0920	0.0359	-0.0097	0.0627	-0.0374	0.1975	0.0173	0.0290	0.0858	0.0391	0.0080



del conocimiento total del sistema. Desde un punto de vista práctico lo anterior tiene consecuencias en los métodos de exploración ya que para conocer dichas variables solo se requiere de un conductivímetro y un potenciómetro.

El vector e(3) tiene cuatro componentes principales: longitud (0.4244), latitud (0.4677), tipo de sistema (0.4747) y temperatura superficial de la manifestación (0.4870). Por la naturaleza de estas variables conocer la distribución geográfica de las anomalías termales equivale a entender el 8.3% del problema. Comparado con el vector anterior, vemos que es más importante estudiar la salinidad y alcalinidad de las manifestaciones ya conocidas que tratar de incrementar el número de éstas.

El vector e(4) tiene como componentes principales la longitud, latitud y tipo de manifestación, edad y gasto, cuyo conocimiento aporta un total de 6.5% del fenómeno. Este vector tiene un significado muy similar al anterior teniendo que ver con la manifestación en superficie de una anomalía termal. En conjunto los vectores e(3) y e(4) constituyen el 14.8 del conocimiento del fenómeno geotérmico.

El vector e(5) está formado predominantemente por coeficientes de signo negativo. Los principales son: tipo de manifestación, potasio, litio, boro y sulfato. El signo negativo de estas variables tiene un significado de relación inversa, no de cantidad absoluta. Esto es debe existir algún fenómeno o propiedad del sistema que da por resultado que dichos parámetros varíen inversamente. Uno de estos fenómenos podría tener que ver con el régimen tectónico. Es bien conocido que el boro y el litio están relacionados con volcanismo e hidrotermalismo y el potasio con tipos de fuentes magmáticas.

El vector e(6) está integrado fundamentalmente por la edad y el contenido de calcio. El valor negativo más importante es el tipo de manifestación. Geológicamente la relación calcio-edad es ante todo de evolución magmática. Recuérdese que dentro de una serie magmática los miembros más primitivos están enriquecidos en calcio y magnesio, los cuales disminuyen a medida que evoluciona la serie. Este vector, con un peso de 4.1%, junto con el anterior son los que explican los fenómenos volcánicos asociados a la actividad geotérmica.

Los vectores restantes, del e(7) al e(26), aportan en conjunto el 29% del conocimiento del problema. El significado geológico de dichos vectores no es sencillo de interpretar ya que en la mayoría se involucran variables sin una relación geológica obvia. Así, el e(7) posiblemente tenga que ver con la edad de la fuente calorífica ya que son estas variables las de mayor peso en el vector, aclarando que se trata de una relación inversa. El e(8) relaciona positivamente sílice y cloro, pero negativamente magnesio, sulfato y bicarbonato. Geoquímicamente el vector refleja la movilidad de ciertas especies iónicas durante procesos

como la ebullición y el enfriamiento de un fluido, fenómenos durante los cuales se producen concentraciones selectivas y movilizaciones de ciertos elementos dependiendo de la naturaleza particular del sistema. A los demás vectores es difícil asociarles un único significado geológico.



## CAPITULO 5

### DISTRIBUCION DE AGUAS TERMALES EN MEXICO: IMPLICACIONES A LA TECTONICA RECIENTE

#### 5.1 INTRODUCCION

La posibilidad de detectar elementos tectónicos recientes a través de información geotérmica es congruente con la naturaleza de los procesos geodinámicos que producen a aquélla. Lo anterior puede afirmarse ya que en los límites entre una provincia geológica y otra es donde se producen las mayores transferencias de masa y energía. Una de las evidencias de la presencia de un límite tectónico es la aparición de gradientes importantes en las propiedades físicas y químicas de sus constituyentes, así como de cambios litoestratigráficos y estructurales. En consecuencia, variaciones en el valor de propiedades como flujo de calor, sismicidad, anomalía de Bouguer y composición química de fluidos termales, entre otras, son fieles reflejos de cambios contrastantes en la composición global del terreno.

Con base en los resultados del análisis fisicoquímico de más de 1300 manifestaciones de aguas termales conocidas hasta el momento en México (Torres, 1989) y de su ubicación sobre la Carta Tectónica de México (Padilla et al., 1989) se estudiarán las interrelaciones entre la distribución geográfica de dichas manifestaciones y la configuración tectónica actual de México.

#### 5.2. DISTRIBUCION DE MANIFESTACIONES TERMALES

Las provincias tectónicas en las que se conoce el mayor número de manifestaciones de aguas termales en México son: La Sierra Madre Occidental (SMOC), El Cinturón Volcánico Trans-Mexicano (CVT), la Sierra Madre del Sur (SMS) y algunas pocas en la Sierra Madre Oriental (SMOR), especialmente su borde sur. Las características geológicas y las relaciones tectónicas entre estas provincias pueden consultarse en la síntesis sobre la geología de México escritas por Morán en 1984 y 1987.

Si observamos la distribución geográfica de las localidades geotermiales de México, surgen inmediatamente una serie de agrupamientos y alineamientos que coinciden con algunos elementos tectónicos conocidos. En algunas regiones la densidad de datos y el arreglo de éstos no coinciden con estructuras detectadas con anterioridad lo que nos sugiere la presencia de elementos tectónicos cuya existencia deberá probarse.

### 5.2.1. SIERRA MADRE OCCIDENTAL (SMOc)

Las manifestaciones termales a lo largo de la Sierra Madre Occidental adquieren orientaciones características definiendo alineamientos bien marcados en dirección Este-Oeste. Dichos alineamientos son más notorios en los Estados de Sonora, Sinaloa y Durango, alcanzando longitudes de más de 300 kilómetros, evidenciando con ello su naturaleza regional. La mayoría de las anomalías se encuentran asociadas a fallas normales, o siguiendo los contornos circulares de estructuras caldéricas de más de 40 km de radio (Figura 5.1)

Las características fisicoquímicas de los fluidos presentan configuraciones que siguen sensiblemente la morfología de la SMO. Es notoria la aparición de discontinuidades en las configuraciones a la latitud del paralelo 28, sobre todo en las curvas de sulfato, bicarbonato, boro, sodio, cloro, potasio y magnesio (Figuras 3.14a a 3.32). Puesto que la naturaleza de los fluidos tiene que ver con el medio por el cual transitaban, es muy posible que las variaciones detectadas en esta latitud tengan que ver con las características de los materiales atravesados. Lo anterior viene al caso ya que diversos autores (Campa, et al., 1981) han sugerido que en dicho paralelo se localiza el límite sur del Cratón de Norteamérica. Si lo anterior es cierto, deberán observarse gradientes regionales en las propiedades de las rocas y materiales que lo cubren, algunas de las cuales pudieran ser los gradientes químicos que se detectan en las figuras anteriores.

### 5.2.2. SIERRA MADRE ORIENTAL (SMOr)

Las anomalías termales en el interior de la SMOr son muy escasas ubicándose la mayoría en sus bordes oriental y sur, siguiendo los alineamientos de las fallas inversas, cabalgamientos y fallas normales que la limitan. Lo anterior nuevamente pone de manifiesto la relación existente entre distribución del termalismo y la configuración de provincias tectónicas. En este sentido es interesante observar las manifestaciones de focos termales a lo largo del Río Bravo, entre Cd. Juárez y Ojinaga que podrían constituir manifestaciones del Rift del Río Bravo.

Más hacia el sur, entre las ciudades de San Luis Potosí y Cd. Valles se presenta un alineamiento de manifestaciones termales que guardan una disposición paralela al Cinturón Volcánico Trans-Mexicano, la mayoría de las cuales se alojan en materiales riolíticos. Estas manifestaciones se encuentran asociadas preferentemente a grábenes de orientación N-S y a fallas normales. Al sur de San Luis Potosí la concentración de localidades es mayor, coincidiendo con las zonas más mineralizadas del Estado. Las relaciones entre mineralizaciones del Terciario y anomalías termales actuales aún no están esclarecidas, constituyendo el único punto común la presencia de intrusivos. En este caso, las manifestaciones termales se

asociarían a etapas tardías de enfriamiento de intrusivos terciarios.

### 5.2.3. CINTURON VOLCANICO TRANS-MEXICANO (CVT)

Para fines del presente estudio se ha dividido al CVT en tres sectores: La región occidental constituida por los grábenes de Chapala-Tepic y Chapala-Colima, la región central comprendida entre el Lago de Chapala y el Nevado de Toluca, y la región oriental desde el Nevado de Toluca hasta la zona de Jalapa-Actopan en el Estado de Veracruz.

En la región occidental del CVT la disposición de las anomalías termales muestra una estrecha vinculación con el curso de los ríos. Así, en los Estados de Nayarit y Jalisco las manifestaciones termales se localizan a lo largo de los ríos San Pedro Mezquitil, Grande de Santiago, Ameca, Los Patitos, Juchipila, Herrería y Armería, entre otros (Fig. 5.1).

Además de la estrecha relación entre anomalías termales y ríos, otro grupo de éstas se asocia a lagos y depresiones morfotectónicas. Obsérvese por ejemplo la distribución de focos termales en las vecindades de las lagunas (lagos) de Chapala, San Juanico, Zapotlán, Sayula, Atotonilco y La Verde, todos ellos ubicados en el Estado de Jalisco.

Por otro lado las anomalías termales de la región central del CVT se asocian también a depresiones morfotectónicas en las que actualmente se han desarrollado lagos. Como ejemplo se conocen las manifestaciones de aguas termales asociadas a los lagos de Pátzcuaro, Cuitzeo, Yuriria y otros en el Estado de Michoacán. Continuando hacia el Este, las demás manifestaciones de la región central del CVT, localizadas en los Estados de Michoacán, Guanajuato y de México se distribuyen a lo largo de alineamientos regionales con rumbo preferencial NE 70, relacionadas principalmente a fracturas y cadenas de volcanes.

Por último, las anomalías termales de la región oriental del CVT se distribuyen en dos tendencias. Unas alojan en sistemas de fracturas NW-SE coincidiendo con los rumbos regionales de las rocas del sustrato (pertenecientes a la Sierra Madre Oriental), por ejemplo las manifestaciones entre Ixmiquilpan y Pachuca, mientras que otras se asocian a sistemas caldéricos como el de Los Humeros, Puebla.

Es interesante observar que las configuraciones de la mayoría de los elementos entre la zona oriental del CVT y la región volcánica de Chiapas presentan discontinuidades de varios órdenes, sugiriendo la independencia, al menos en la composición fisicoquímica de los fluidos termales, entre dichas regiones. Es decir, el volcanismo activo observado en el Estado de Chiapas no tiene tendría relación con el CVT sino con la Cadena Volcánica de Centroamérica.

#### 4. SIERRA MADRE DEL SUR (SMS)

Las manifestaciones termales de la SMS se ubican en forma paralela a la línea de costa desde la Bahía de Acapulco hasta los límites con Guatemala, incluyendo los centros volcánicos de Tacaná y Chichón. Por guardar una simetría paralela a la Trinchera Mesoamericana, las anomalías de esta provincia se pueden asociar a la tectónica de margen continental activa reconocida en esta región. Además, analizando las configuraciones de temperatura superficial, pH, conductividad eléctrica y de la mayoría de los constituyentes químicos estudiados, se observa una independencia entre los centros volcánicos de Chiapas y los del Cinturón Volcánico Trans-Mexicano. Lo anterior nuevamente nos sugiere que el CVT termina en la zona de Jalapa-Actopan (Veracruz) y que no tiene relación con la actividad volcánica del sur de México. En consecuencia, se vislumbra también la independencia del CVT con respecto a la subducción de la Placa de Cocos.

#### 5.3. TECTONICA ACTUAL Y AGUAS TERMALES: DISCUSION

El origen de la alineación Este-Oeste de las anomalías termales en la Sierra Madre Occidental bien puede explicarse como consecuencia de una tectónica de corrimientos laterales como respuesta a esfuerzos encontrados provenientes del Este y el Oeste. El agente motor de los esfuerzos del Este sería la Dorsal Mesoatlántica mientras que los del Oeste lo serían a la Dorsal del Pacífico Oriental. Una tectónica de este tipo explica aspectos de la morfología continental de México la cual se asemeja a grandes bloques elongados Este-Oeste en donde los lados mayores constituyen fallas de corrimiento lateral izquierdo. El efecto neto es que los bloques del norte se encuentran desplazados hacia el Oeste, mientras que los del sur lo están hacia el Este. Una idea similar a esta fue expuesta con anterioridad por Aguayo en 1988 quien afirma que los rasgos morfotectónicos que se observan en el interior del continente y en sus márgenes, con convergencia hacia el norte-noreste, están asociados con fracturas SW-NE, que se extienden desde el Pacífico hasta el Golfo de México (Figura 5.2). La diferencia con dicho autor estriba en la dirección de los fracturamientos.

Por otra parte para el Cinturón Volcánico Trans-Mexicano Nieto, et al., 1979 y Schurbet, 1986, han propuesto modelos de ruptura continental a lo largo de los grabenes de Tepic y de Colima, donde los límites de ruptura corresponden a algunos de los ríos mencionados. De ser correcta esta hipótesis dichos ríos serían proto-rifts con fallas de corrimiento asociadas, dentro de las cuales deben existir anomalías termales importantes. La sola inspección de las manifestaciones termales localizadas en estos lugares aportan a la argumentación de los referidos autores, y resaltan la importancia de esta región para investigaciones tectónicas más profundas.

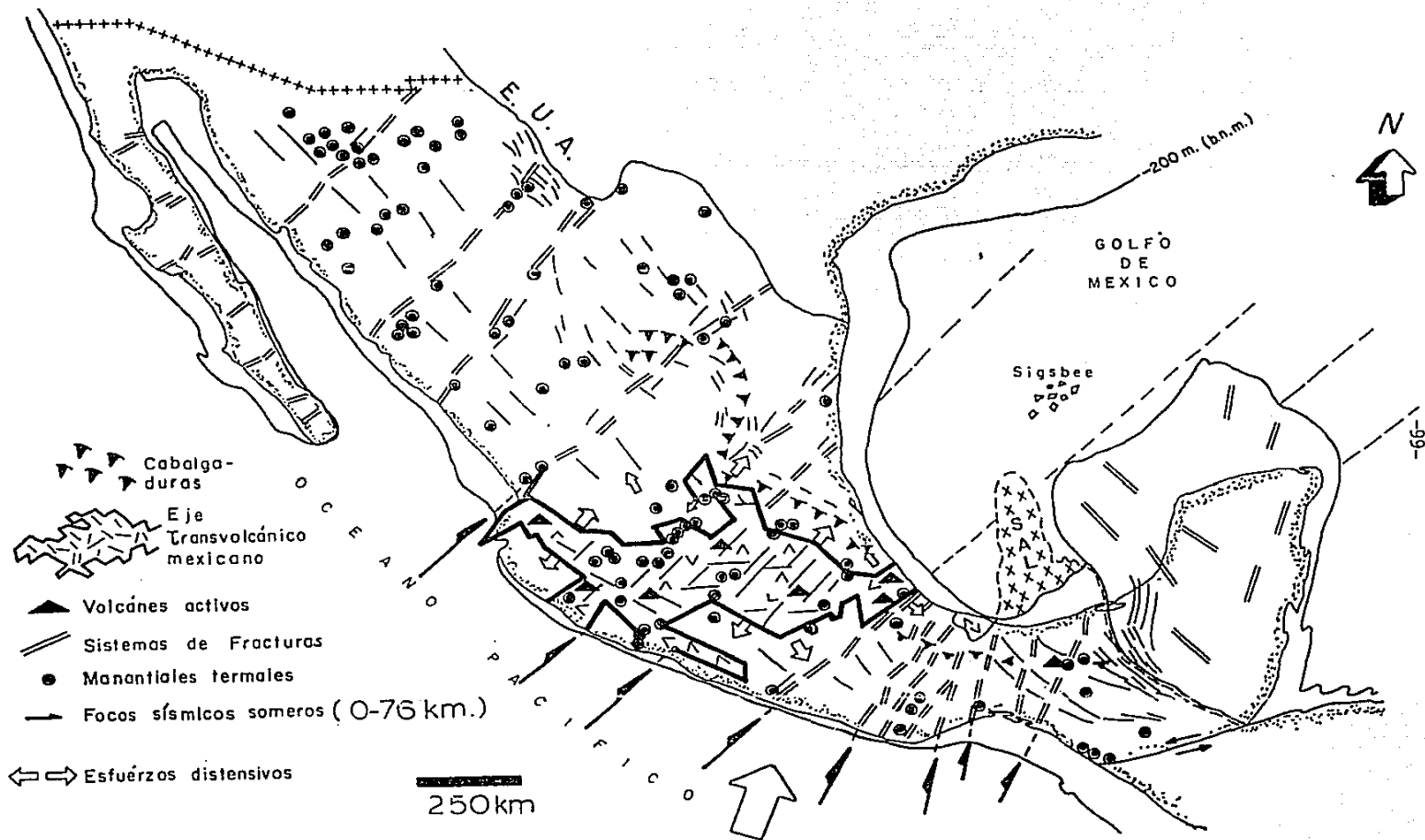


Figura 5.2. Relación entre el fracturamiento y la presencia de manantiales termales. (Aguayo, 1987)



Otro aspecto interesante que se deriva de la distribución de las manifestaciones termales en la regiones occidental y central del CVT es la marcada afinidad entre termalismo y depresiones morfotectónicas. Se han observado dos agrupamientos de focos termales asociados a estas depresiones. El primero vinculado a los lagos del Estado de Jalisco (región occidental del CVT) y el segundo a los lagos de Michoacán (porción occidental de la región central del CVT). Entre estos dos grupos de depresiones morfotectónicas nótese la formación de un corredor (¿alto estructural?) de unos 200 km de largo, con rumbo Este-Oeste, dentro del cual no aparecen evidencias de termalismo. La naturaleza, características y significado tectónico de esta posible estructura se plantea como otro problema a resolver.

La naturaleza y configuración del basamento del CVT es otro punto de interés. Al respecto, la distribución y características químicas de los fluidos termales de la porción occidental muestran formas que pueden explicarse por el efecto de dicho sustrato sobre las aguas que circulan por ellos. Así, las configuraciones de constituyentes como sulfato, bicarbonato, boro, sodio, cloro, potasio, magnesio y litio, exhiben curvas que siguen sensiblemente la forma de la SMOc, presentando continuidad dentro de la porción occidental del CVT. Como se mencionó anteriormente, la naturaleza de los fluidos termales se ve altamente influenciada por el sustrato atravesado, aportando información de éste. En consecuencia, las formas de las curvas antes dichas podrían corresponder al basamento común entre la SMOc y la porción occidental de CVT.

Otro punto interesante que se deriva del estudio de la disposición geográfica de las anomalías termales lo constituye la localización del límite oriental del CVT, tema alrededor del cual se han desatado controversias (i.e. Negendank, et al, 1985). En la Figura 10. puede observarse que el número de anomalías termales disminuye abruptamente en la región entre los poblados de Jalapa y Actopan (Veracruz), coincidiendo con el límite oriental del CVT sugerido por Torres y colaboradores (1988, 1989). Dicha propuesta fue argumentada con base en estudios estructurales y en la interpretación de cerca de 200 análisis de roca total en los que se detectaron cambios drásticos en la composición de los magmas así como fenómenos de hibridación. En consecuencia, tal como lo propusieron originalmente Demant y Robin (1975), el CVT no llega a las costas de Veracruz, sino que el volcanismo que se localiza en esta zona, con tendencias alcalinas y toleíticas (Torres, op. cit.), se asocia a la Provincia Alcalina Oriental.



## CONCLUSIONES

En México se conocen actualmente 1361 anomalías de aguas termales con temperaturas mayores a 30°C. Su estudio sistemático es posible mediante la utilización de un código de nomenclatura que involucra la mayoría de los parámetros caracterizadores de los sistemas geotermales, el cual también es aplicable para recursos energéticos en general.

La aplicación de técnicas geoestadísticas para el análisis de información regional facilita el estudio de parámetros multivariantes, reduciendo el número de datos sin disminuir la cantidad de información.

Las principales características regionales de las aguas termales de México son:

1. Geográficamente se presentan en tres agrupamientos: Noroccidente de México, Cinturón Volcánico Transmexicano y Costa del Pacífico Sur.
2. La temperatura superficial promediada de 1356 manifestaciones es de 41.3°C, de las cuales el 14% son mayores a 50°C.
3. Los tipos de manifestaciones termales incluyen: manantiales tibios (57%), pozos de agua (39%), descargas directas (3%), otros tipos (1%).
4. El 5% de las manifestaciones termales corresponden a sistemas alta o muy alta entalpía, con concentraciones salinas intermedias a altas.
5. La fuente calorífica predominante son estructuras volcánicas y subvolcánicas (79%), fallas de corrimiento (17%), intrusivos en enfriamiento (4%).
6. Las anomalías termales se presentan en rocas de diversas edades: Cuaternario (37%), Terciario Superior (45%), Terciario Inferior (6%) y pre-Cretácicas (12%).
7. La cantidad de calor transportada por el agua líquida a la superficie terrestre es de unas 700,000 Kcal/seg, considerando 1,361 puntos de transferencia.
8. La alcalinidad de las aguas termales presenta valores de pH entre 3.3 y 9.7, con un valor promedio de 7.9.
9. La conductividad eléctrica presenta valores entre 50 y 72,000 mmhos, con una media de 645 mmhos, por lo cual las salinidades predominantes son bajas a intermedias.
10. Los componentes químicos analizados fueron sulfato, bicarbonato, boro, sodio, cloro, potasio, calcio, magnesio, litio

y sílice.

11. Los resultados de cálculos de geotermómetros revelan grandes contrastes: El geotermómetro K-Mg dio temperaturas máximas de 167°C (media = 77.3°C); Na-K, 529°C (media = 176°C); Na-K-Ca (b=4/3), 319°C (media = 79.7°C); Na-K-Ca (b=1/3), 328°C (media = 149°C); SiO<sub>2</sub>, 341°C (media = 113°C). La utilidad de los geotermómetros estriba en definir tendencias regionales. Sus resultados no deben tomarse como definitivos ya que en el planteamiento de los algoritmos no se consideran reacciones específicas, sino simples intercambios iónicos.

Desde el punto de vista de la teoría de las variables regionalizadas, con base en la geometría y la estructura de la información, el radio de influencia de la mayoría de las variables fue entre 280 y 600 Km que corresponden al orden de magnitud de las provincias geológicas de México. Se detectaron anisotropías en la variabilidad de la información. Los gradientes de variación de la información son mayores en dirección E-W que N-S, dando por resultado configuraciones con mayores elongaciones en la primera dirección.

Como resultado del análisis factorial se determinó que el 90% de la información está contenido en 12 eigenvectores (variables nuevas); originalmente se tenían 26. El significado geológico de los principales eigenvectores obtenidos fue:

- e(1) y e(2): composición química del fluido (alcalinidad y salinidad).
- e(3) y e(4): manifestación superficial de una anomalía termal.
- e(5): régimen tectónico (volcanológico).
- e(6): evolución magmática(?).
- e(7): edad de la fuente calorífica(?).

La distribución geográfica de las anomalías termales coinciden con algunos elementos tectónicos conocidos y sugiere la presencia de otros, cuya existencia deberá probarse.

En la Sierra Madre Occidental se presentan alineamientos termales en dirección E-W, interpretables con una tectónica de fallas regionales con corrimientos laterales. A la altura del paralelo 28 se detectaron cambios importantes en la naturaleza química de los fluidos pudiendo corresponder esta zona al límite sur del Cratón de Norteamérica. Dentro de la Sierra Madre Oriental son muy escasas las anomalías termales, ubicándose éstas en los límites tectónicos de la Sierra. En el Cinturón Volcánico Transmexicano las manifestaciones termales se asocian a fallas de corrimiento lateral en la región occidental, a depresiones morfotectónicas en la región central y a fallas y estructuras subvolcánicas en la oriental. Desde el punto de vista geoquímico se observó la independencia entre los centros volcánicos de Chiapas y los del CVT. También se obtienen argumentos para afirmar la independencia del CVT con respecto a la subducción de la Placa de Cocos.



REFERENCIAS

- AGUAYO-CAMARGO, E. y MARIN-CORDOBA, S., 1987. Origen y evolución de los rasgos morfotectónicos postcretácicos de México: Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, Tomo XLVIII, No. 2, 15-40.
- BENJAMIN, T., CHARLES, R. y VIDALE, R., 1983. Thermodynamic parameters and experimental data for the Na-K-Ca geothermometer: Journal of Volcanology and Geothermal Research, 15, 167-186.
- CAMPA, M.F. y CONEY, P.J., 1983. Tectonostratigraphic terranes and mineral resources distributions in México: Can. Jour. of Earth Sciences, 20, 1040-1051.
- DEMANT, A. y ROBIN, C., 1975. Las fases del vulcanismo en México: Una síntesis en relación con la evolución geodinámica desde el Cretácico: Rev. Inst. Geol. UNAM., 75, 813-860.
- FOURNIER, R.O., 1979. A revised equation for the Na/K geothermometer: Geothermal Resources Council Trans. 3, 221-224.
- FOURNIER, R.O., 1981. Application of water geochemistry to geothermal exploration and reservoir engineering, Chapt. 4. In: Geothermal Systems: Principles and case histories, L. Rybach and L.J.P. Muffler eds., Wiley; N.Y., p. 109-143.
- FOURNIER, R.O., y POTTER, R.W., 1982. A revised and expanded silica (quarz) geothermometer: Geothermal Research Council Bulletin, 11, 3-9.
- FOURNIER, R.O., SOREY, M.L., MARINER, R.H. y TRUESDELL, A.H., 1979. Chemical and isotopic prediction of aquifer temperatures in the geothermal system at Long Valley, California: Journal of Volcanology and Geothermal Research, 5, 17-34.
- FOURNIER, R.O. y TRUESDELL, A.H., 1973. An empirical Na-K-Ca geothermometer for natural waters: Geochim. Cosmochim. Acta, 37, 1255-1275.
- FOUILLAC, G. y MICHARD, J., 1981. Sodium/lithium ratio in water applied to geothermometry of geothermal reservoirs: Geothermics, 10(1), 55-77.
- GIGGENBACH, W.F., GONFIANTINI, R., JANGI, B.L. y TRUESDELL, A.H., 1983. Isotopic and chemical composition of Parbati Valley geothermal discharges, NW Himalaya, India: Geothermics, 12, 199-222.
- JORESKOG, K.G., KLOVAN, J.E., <sup>78</sup>y REYMENT, R.A., 1976. Geological factor analysis, Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam, 178 p.

- HARBUCH, J.W., BONHAM-CARTIER, G., 1970. Computer simulation i geology. Wiley-Interscience, N. y., 575 p.
- KOCH Jr. G.S. y LINK, R.F., 1970. Statistical analysis of geological data, Vol 1, John Wiley & sons, N. Y., 375 p.
- NEGENDANK, J.F.W. EMMERMAN, R., KRAWCZYK, R., MOOSER, F., TOBSCHALL, H., and WERLE, D., 1985. Geological and geochemical investigations on the eastern Transmexican Volcanic Belt: Geof. Intern. 24-4, 477-575.
- NIEVA, D. Y NIEVA, R., 1987. Developments in geothermal energy in Mexico, Part Twelve. A cationic geothermometer for prospecting of geothermal resources: Heat Recovery Systems & CHP, 7(3). 243-258.
- PADILLA Y SANCHEZ, R., MARTINEZ-SERRANO, R., TORRES-RODRIGUEZ, V. y GONZALEZ, V., 1989. Carta Tectónica de México, Escala 1:4,000,000, Geofísica Inter., 28(2), Publicación Especial.
- PADILLA Y SANCHEZ, R., MARTINEZ-SERRANO, R. y TORRES-RODRIGUEZ, V., 1989. Carta Tectónica de México, Escala 1:2,000,000: Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática, Primera Edición.
- PROL-LEDESMA, R.M., Y JUAREZ M., G., 1985. Silica geotemperature mapping and thermal regimen in the Mexican Volcanic Belt: Geof. Internacional, 24(4), 609-631.
- PROL-LEDESMA, R.M. Y JUAREZ M., G., 1986. Geothermal map of Mexico: Journal of Volcanology and Geothermal Research, 28, 351-362.
- QUIJANO, J.L. Y CHACON, M., 1982. Reconocimiento y evaluación geoquímica de zonas termales en el Estado de Aguascalientes, México: Comisión Federal de Electricidad, Informe Técnico, 21 p.
- QUIJANO, J.L. y GALLARDO, M., 1982a. Reconocimiento y evaluación geoquímica del Estado de México, México: Comisión Federal de Electricidad, Informe Técnico, 17 p.
- QUIJANO, J.L. y GALLARDO, M., 1982b. Reconocimiento y evaluación geoquímica de zonas termales en el Estado de Morelos, México: Comisión Federal de Electricidad, Informe Técnico, 14 p.
- TORRES-RODRIGUEZ, V. MARTINEZ-SERRANO R. y SILVA-MORA, L., 1988. Interpretación de las características geoquímicas de la parte oriental de la Faja Volcánica Trans-Mexicana: Geotermia, 4, 139-194.
- TORRES-RODRIGUEZ, V., MARTINEZ-SERRANO, R., GONZALEZ-HUESCA, S. y MARTIÑON, H., 1989. El límite oriental del Cinturón Volcánico Trans-Mexicano: Litósfera 1(2) (en prensa).

TRUEDELL, A.H., 1976a. Summary of section III, Geochemical techniques in exploration. In: Proc. Second United Nations Symposium on the development and use of geothermal resources, San Francisco, Calif., U.S. Government Printing Office. Washington, D.C., V. 1, p. liii-lxiii.

TRUEDELL, A.H., 1976b. GEOTHERM, a geothermometric computer program for hot spring systems: Proc. Second United Nations Symposium on the Development and use of geothermal resources, San Francisco, Calif., U.S. Government Printing Office, Washington, D.C., V. 1, p. 831-836.

URBANI P., F., 1984. Evaluación de los recursos geotérmicos de Venezuela: Geotermia (U.C.V., Caracas), Colección libros No.5; Tomo I, 395 p.; Tomo II (Banco de datos geotérmicos), 310 p.; Tomo III (Mapa Geotérmico de Venezuela), 14 mapas.

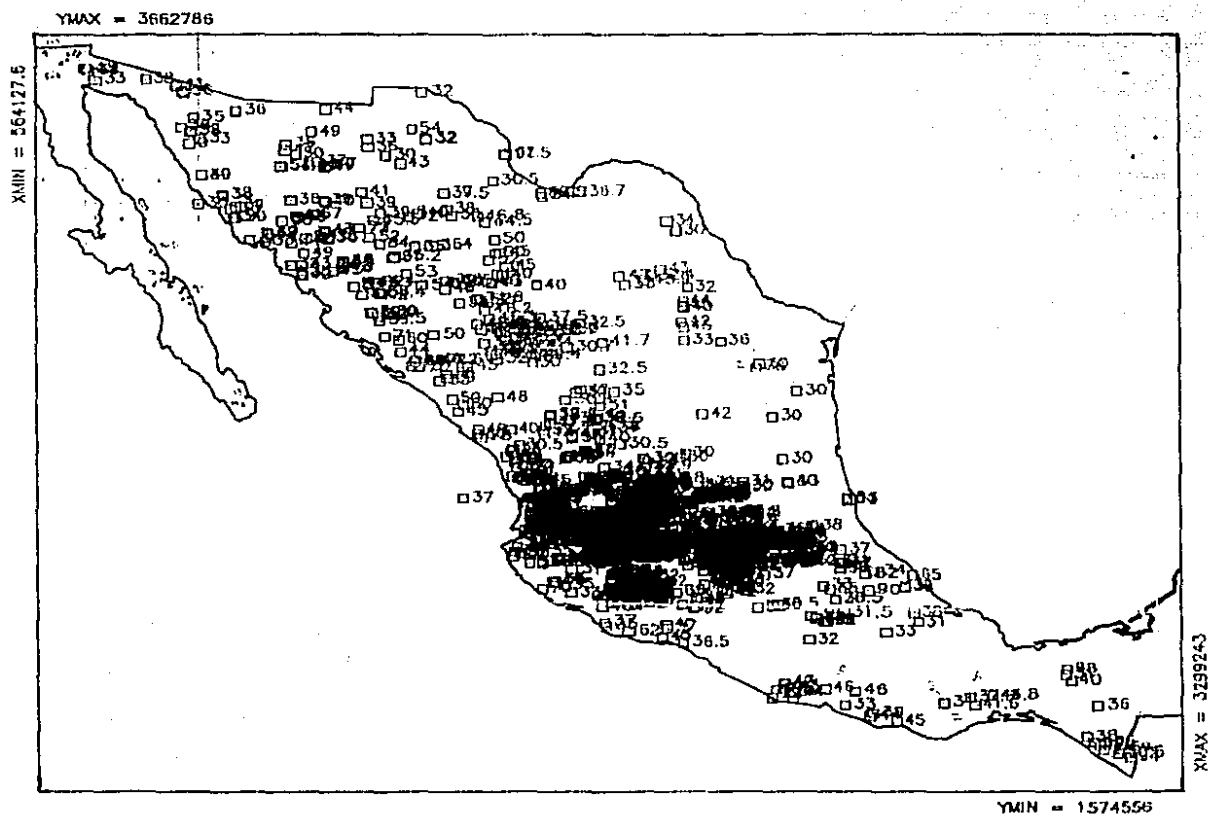
URBANI P., F., 1985. GEOTRV, un programa en fortran para la evaluación de recursos geotérmicos en la fase de reconocimiento: VI Cong. Geol. Venezolano. Caracas, 5932-5939.





A N E X O:

MANIFESTACIONES TERMALES DE LA REPUBLICA MEXICANA



DISTRIBUCION DE LOCALIDADES TERMALES EN MEXICO

MANIFESTACIONES TERMALES DE LA REPUBLICA MEXICANA  
(Torres-Rodriguez, 1989)

No. ANOM	LONG.	LATITUD	NOMBRE DEL CAMPO O MANIFESTACION (MUNICIPIO)	C O D I B O	G E O T E R M O M E T R O S					TIPO DE FLUIDO	
					K-Mg	Na-K	Na/KCa	Na/KCa	SiO2 b=4/3 b=1/3		
AGS001	102.2000	21.5100	BALNEARIO LA CANTERA (AGUASCALIENTES).	18b 13 4 B	1 9	96	219	96	181	151	SODICO-BICARBONATADO
AGS002	102.1900	21.4900	UNION VINICOLA (AGUASCALIENTES).	18b 13 4 B	1 9	95	227	101	186	158	SODICO-BICARBONATADO
AGS003	102.1900	21.4900	RANCHO SAN LUIS (AGUASCALIENTES).	19c 13 4 F	1 9	*****	*****	*****	*****	*****	NO DETERMINADO
AGS004	102.1900	21.4900	RANCHO SAN LUIS (AGUASCALIENTES).	19c 13 4 F	1 9	*****	*****	*****	*****	*****	NO DETERMINADO
AGS005	102.1900	21.4900	VIZEDOS AGUASCALIENTES (AGUASCALIENTES).	19c 13 4 F	1 9	*****	*****	*****	*****	*****	NO DETERMINADO
AGS006	102.2000	21.5100	RANCHO VALLE REDONDO (AGUASCALIENTES).	19c 13 4 F	1 9	*****	*****	*****	*****	*****	NO DETERMINADO
AGS007	102.2000	21.5100	RANCHO VALLE REDONDO (AGUASCALIENTES).	19c 13 4 F	1 9	*****	*****	*****	*****	*****	NO DETERMINADO
AGS008	102.2000	21.5100	RANCHO VALLE REDONDO (AGUASCALIENTES).	19c 13 4 F	1 9	*****	*****	*****	*****	*****	NO DETERMINADO
AGS009	102.2000	21.5300	RANCHO LA ESPERANZA (AGUASCALIENTES).	19c 13 4 F	1 9	*****	*****	*****	*****	*****	NO DETERMINADO
AGS010	102.2000	21.5300	VIZEDOS S. FELIPE 2a, SECCION (AGUASCALIENTES).	19c 13 4 F	1 9	*****	*****	*****	*****	*****	NO DETERMINADO
AGS011	102.2000	21.5400	EL CHACHO (JESUS MARIA).	19c 13 4 F	1 9	*****	*****	*****	*****	*****	NO DETERMINADO
AGS012	102.2200	21.5500	LOS ARQUITOS (JESUS MARIA).	19c 13 4 F	1 9	*****	*****	*****	*****	*****	NO DETERMINADO
AGS013	102.2000	21.5400	SOC. SAJID LAS LIEBRES (JESUS MARIA).	19c 13 4 F	1 9	*****	*****	*****	*****	*****	NO DETERMINADO
AGS014	102.2000	21.2500	TANQUES EL REFUGIO (JESUS MARIA).	19c 13 4 F	1 9	*****	*****	*****	*****	*****	NO DETERMINADO
AGS015	102.2000	21.2500	TANQUES EL REFUGIO (JESUS MARIA).	19c 13 4 F	1 9	*****	*****	*****	*****	*****	NO DETERMINADO
AGS016	102.1900	21.5800	SOCIEDAD EL BARRENO (JESUS MARIA)	19c 13 4 F	1 9	*****	*****	*****	*****	*****	NO DETERMINADO
AGS017	102.1900	21.5800	SOCIEDAD EL BARRENO (JESUS MARIA)	19c 13 4 F	1 9	*****	*****	*****	*****	*****	NO DETERMINADO
AGS018	102.1500	22.2000	EJIDO COSIO (COSIO)	19c 13 4 F	1 9	*****	*****	*****	*****	*****	NO DETERMINADO
AGS019	102.1500	22.2000	EL DURAZNO (COSIO)	19c 13 4 F	1 9	*****	*****	*****	*****	*****	NO DETERMINADO
AGS020	101.5900	22.0100	EJIDO NOVILLO (AGUASCALIENTES)	18b 13 4 B	1 9	90	323	99	213	105	SODICO-BICARBONATADO
AGS021	102.1900	22.1000	AJIDO SAN JUAN (RINCON DE RAMOS)	18b 13 4 B	1 9	85	238	87	184	123	SODICO-BICARBONATADO
AGS022	102.1900	22.0200	BALNEARIO VALLADOLID (JESUS MARIA)	18b 13 4 B	3 9	95	270	110	202	133	SODICO-BICARBONATADO
AGS023	102.1500	22.0100	RANCHO LA MALOERA (RINCON DE RAMOS)	18b 13 4 B	3 9	90	240	105	191	132	SODICO-BICARBONATADO
AGS024	102.1900	22.0100	LAS GRANJITAS (JESUS MARIA)	18b 13 4 B	3 9	100	241	107	192	137	SODICO-BICARBONATADO
AGS025	102.1500	22.0100	SOC. RICARDO FLORES MAGON (JESUS MARIA)	18b 13 4 B	3 9	92	239	106	191	129	SODICO-BICARBONATADO
AGS026	102.1500	22.0100	VIZEDOS ELVIRA (JESUS MARIA)	18b 13 4 B	1 9	94	241	107	192	130	SODICO-BICARBONATADO
AGS026	102.1500	22.0100	VIZEDOS ELVIRA (JESUS MARIA)	18b 13 4	0 0	*****	0	0	0	0	SODICO-BICARBONATADO
AGS027	102.1500	22.0100	VIZEDOS ELVIRA (JESUS MARIA)	18b 13 4 B	1 9	94	239	109	192	135	SODICO-BICARBONATADO
AGS028	102.1500	22.0100	VIZEDOS ELVIRA (JESUS MARIA)	18b 13 4 F	1 9	*****	*****	*****	*****	*****	SODICO-BICARBONATADO
AGS029	102.1900	22.0200	EJIDO CONCEPCION (JESUS MARIA)	18b 13 4 B	1 9	90	250	103	194	140	SODICO-BICARBONATADO
AGS030	102.1800	22.0100	BUENOS AIRES (JESUS MARIA)	19c 13 4 F	1 9	*****	*****	*****	*****	*****	NO DETERMINADO
AGS031	102.1800	22.0100	EJIDO LAUREDO (JESUS MARIA)	18b 13 4 B	1 9	87	230	100	186	131	SODICO-BICARBONATADO
AGS032	102.1500	22.0100	VIZEDOS SAN ELIZONDO (JESUS MARIA)	18b 13 4 B	1 9	95	242	168	213	129	SODICO-BICARBONATADO
AGS033	102.2000	21.5800	HDA. CHICHIMECO (JESUS MARIA)	18b 13 4 B	1 9	85	220	113	187	131	SODICO-BICARBONATADO
AGS034	102.2000	21.5800	HDA. CHICHIMECO (JESUS MARIA)	19c 13 4 F	1 9	*****	*****	*****	*****	*****	NO DETERMINADO
AGS035	102.3900	21.5400	COLOMOS (CALVILLO)	18b 13 4 B	3 8	86	187	114	176	111	SODICO-BICARBONATADO

MANIFESTACIONES TERMALES DE LA REPUBLICA MEXICANA  
(Torres-Rodriguez, 1989)

No. ANOM	LONG.	LATITUD	NOMBRE DEL CAMPO O MANIFESTACION (MUNICIPIO)	C	D	I	G	O	GEOTERMOMETROS					TIPO DE FLUIDO	
									K-Mg	Na-K	Na/KCa	Na/KCa	SiO <sub>2</sub>		
										b=4/3	b=1/3				
AGS036	102.3900	21.5400	EL JARAMITO (CALVILLO)	18b	13	8	D	1	8	82	183	121	177	147	SODICO-BICARBONATADO
AGS037	102.4000	21.5100	BALNEARIO LAS PALMAS (CALVILLO)	19c	13	4	F	1	9	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
AGS038	102.1400	21.5200	CERRO LA CRUZ (AGUASCALIENTES)	19c	13	4	F	1	8	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
AGS039	102.1400	21.5200	BALNEARIO CENTRO DEPORTIVO (AGUASCALIENTES)	19c	13	4	F	1	9	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
AGS040	102.1400	21.5200	TECNOLOGICO REGIONAL (AGUASCALIENTES)	19c	13	4	F	1	9	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
AGS041	102.1400	21.5200	E.N.E.F.A. (AGUASCALIENTES)	19c	13	4	F	1	9	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
AGS042	102.1400	21.5200	CASA DE DESCANSO DIF (AGUASCALIENTES)	CAL	13	4	F	1	9	****	****	****	****	****	19d
AGS043	102.1500	21.5300	EJIDO OJO CALIENTE (AGUASCALIENTES)	19c	13	4	F	1	9	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
AGS044	102.3900	21.5300	OJO CALIENTE (AGUAS CALIENTES)	19c	13	4	F	1	9	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
AGS045	102.1400	21.5200	BALNEARIO SAN RAMON (AGUASCALIENTES)	19c	13	4	F	3	9	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
AGS046	102.1400	21.5200	IGNACIO LOYOLA (AGUASCALIENTES)	19c	13	4	F	1	9	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
AGS047	102.0400	22.0600	VILLA JUAREZ (AGUASCALIENTES)	18b	13	4	B	1	8	91	293	99	206	122	SODICO-BICARBONATADO
AGS048	102.1600	27.0400	VIEEDO SAN JOSE (AGUASCALIENTES)	18b	13	4	B	3	9	96	236	101	189	147	SODICO-BICARBONATADO
CHIH001	106.5300	30.4400	OJOS CALIENTES-SANTO DOMINGO (VILLA AHUMADA)	18b	15	4	B	3	5	62	36	81	97	115	SODICO-BICARBONATADO
CHIH002	106.3400	30.3100	LUCIO BLANCO (VILLA AHUMADA)	18c	13	4	B	8	0	79	56	91	111	95	SODICO-SULFATADO
CHIH003	106.3400	30.2900	SANTA BARBARA (VILLA AHUMADA)	18c	13	4	B	8	0	65	60	70	107	101	SODICO-SULFATADO
CHIH004	108.0200	30.2700	OJO BAKELECO (NUEVOS CASAS GRANDES)	19c	15	8	F	1	0	****	****	****	****	****	DESCONOCIDO
CHIH005	108.0200	30.1600	SAN DIEGO (NUEVOS CASAS GRANDES)	18b	15	4	B	1	0	90	399	131	245	****	SODICO-BICARBONATADO
CHIH006	107.3700	30.0400	LA ANGOSTURA (GALEANA)	19c	15	8	F	8	9	****	****	****	****	****	DESCONOCIDO
CHIH007	107.1700	29.5200	RANCHO OJO CALIENTE (BUENAVENTURA)	18b	15	4	B	3	9	72	84	70	118	135	SODICO-BICARBONATADO
CHIH008	106.1900	29.0900	RANCHO OJOS CALIENTES (CHIHUAHUA)	19b	13	4	A	1	8	41	93	44	114	105	BICARBONATADO
CHIH009	106.1900	29.0900	RANCHO OJO CALIENTE (CHIHUAHUA)	18b	13	4	B	1	8	53	84	38	107	108	SODICO-BICARBONATADO
CHIH010	108.1700	29.0900	RANCHO HUAPUCA (MADERA)	18b	15	4	B	3	8	65	117	56	128	99	SODICO-BICARBONATADO
CHIH011	108.1100	28.5300	LOS CHORROS (MADERA)	19c	15	8	F	1	8	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
CHIH012	108.0400	28.2700	AGUA CALIENTE TUTUACA (TEMOSACHIC)	18b	15	4	B	3	8	77	59	35	95	124	SODICO-BICARBONATADO
CHIH013	107.5300	28.3800	OJO CALIENTE RIO VERDE (TEMOSACHIC)	18b	15	4	B	1	8	91	100	56	121	114	SODICO-BICARBONATADO
CHIH014	107.1200	28.3400	AGUA CALIENTE GUERRERO (CD. GUERRERO)	18b	15	4	F	1	6	****	****	****	****	****	SODICO-BICARBONATADO
CHIH015	106.5800	28.3800	CAMPO No. 7 (CUAUHTEMOC)	19c	13	4	F	1	8	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
CHIH016	106.1100	28.3600	AGUA CALIENTE LA HIGUERA (CHIHUAHUA)	19c	13	4	F	1	5	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
CHIH017	105.3200	28.3500	SAN DIEGO DE ALCALA (CHIHUAHUA)	18e	15	4	B	1	5	61	76	85	120	87	CALCICO-SULFATADO
CHIH018	105.2200	28.2700	BAZOS DE JULINES (JULINES)	18c	15	4	B	1	5	66	176	65	154	114	SODICO-SULFATADO
CHIH019	105.2200	28.2700	LA HACIENDITA (JULINES)	18c	15	4	B	1	5	62	128	63	135	116	SODICO-SULFATADO
CHIH020	107.3800	27.3400	RECOGUATA (GUACHOCHI)	19c	15	4	F	1	8	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
CHIH021	107.4000	27.3200	PASTRECUTA (URIQUE)	19c	15	4	F	3	8	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
CHIH022	107.2300	27.0900	OJO CALIENTE (BATOPILAS)	19c	15	4	F	3	8	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
CHIH023	107.0600	27.4900	RANCHO BOCAURACHIC (CARTEHIC)	18b	15	4	A	1	8	43	-22	-21	33	95	SODICO-BICARBONATADO

MANIFESTACIONES TERMALES DE LA REPUBLICA MEXICANA  
(Torres-Rodriguez, 1989)

No. ANOM	LONG.	LATITUD	NOMBRE DEL CAMPO O MANIFESTACION (MUNICIPIO)	C	D	I	G	O	GEOTERMOMETROS					TIPO DE FLUIDO	
									K-Mg	Na-K	NaKCa	NaKCa	SiO2		
										b=4/3	b=1/3				
CHIH024	106.2700	27.5200	RANCHO AGUA TEMPLADA (SATEVO)	19c	15	4	F	3	7	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
CHIH025	106.4300	27.5100	AGUA CALIENTE (SAN FCO. DE BORJA)	18b	15	4	B	1	0	84	53	21	87	108	SODICO-BICARBONATADO
CHIH026	105.1200	27.4000	BALNEARIO OJO CALIENTE (CAMARGO)	18e	15	4	A	1	5	46	184	49	146	80	CALCICO-SULFATADO
CHIH027	105.2200	27.3100	BALNEARIO LOS FILTROS O LA POQUILLA (CAMARGO)	18e	13	4	A	1	5	36	179	16	134	79	CALCICO-SULFATADO
CHIH028	104.5900	27.2000	RANCHO EL POZO (JIMENEZ)	19c	13	8	F	1	5	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
CHIH029	105.0500	27.0800	BALNEARIO DE DOLORES (JIMENEZ)	18e	13	4	A	1	5	30	166	13	128	86	CALCICO-SULFATADO
CHIH030	105.1300	27.1000	HACIENDA OJO SIERRA DE ALMOLOYA (JIMENEZ)	19c	13	8	0	0	****	****	****	0	0	0	NO DETERMINADO
CHIH031	104.1700	26.5200	POBLADO DIVISION DEL NORTE (JIMENEZ)	18e	15	4	A	1	0	13	120	-10	101	81	CALCICO-SULFATADO
CHIH032	106.3200	26.4600	POBLADO EL REPARO (BALLEZA)	18b	15	4	B	1	0	63	-1	16	57	116	SODICO-BICARBONATADO
CHIH033	106.3200	26.4600	POBLADO EL REPARO (BALLEZA)	18b	15	4	A	1	0	37	9	18	63	107	SODICO-BICARBONATADO
CHIH034	106.2500	26.5800	POBLADO LA HACIENDITA (BALLEZA)	18b	15	4	A	1	0	49	18	13	66	105	SODICO-BICARBONATADO
CHIH035	106.1900	26.5800	SAN FRANCISCO DE LOS BAZOS (BALLEZA)	18b	15	4	B	3	0	91	103	98	136	126	SODICO-BICARBONATADO
CHIH036	106.3200	26.4600	POBLADO EL REPARO (BALLEZA)	18b	15	4	B	1	0	62	9	19	63	115	SODICO-BICARBONATADO
CHIH037	106.1700	26.5500	POBLADO LA PILA (BALLEZA)	18b	15	4	A	1	0	15	-4	-6	48	108	SODICO-BICARBONATADO
CHIH038	107.9255	26.5100	AGUA CALIENTE GUACHOCHI (GUACHOCHI)	18b	15	4	C	3	0	101	40	69	96	113	SODICO-BICARBONATADO
CHIH039	106.5345	25.3730	VEERRADA DE SAN HIPOLITO (GUADALUPE Y CALVO)	18b	15	4	A	1	0	50	-7	16	54	96	SODICO-BICARBONATADO
CHIH040	107.5800	27.5300	POBLADO ECURICHIC (MAGUARICHI)	18e	15	4	C	3	8	104	88	70	121	159	CALCICO-SULFATADO
CHIH041	108.1220	28.9205	PIEDRAS DE LUMBRE (MAGUARICHI)	18c	1	4	B	3	8	99	90	71	122	169	SODICO-SULFATADO
CHIH042	108.2500	28.1600	JESUS DEL MONTE (OCAMPO)	18e	15	4	C	3	0	112	123	53	130	120	CALCICO-SULFATADO
CHIH043	108.2600	28.1600	JESUS DEL MONTE (OCAMPO)	18e	15	4	C	3	0	122	125	169	166	121	CALCICO-SULFATADO
CHIH044	106.3200	31.3900	EJIDO SAN ISIDRO (CD. JUAREZ)	18b	15	4	B	1	0	68	107	58	125	84	SODICO-BICARBONATADO
CHIH045	105.1200	26.6100	COMPAZIA MINERA FRESNILLO (SAUCILLO)	18e	15	4	B	3	0	51	259	44	171	80	CALCICO-SULFATADO
CHIH046	105.6400	29.2800	BALNEARIO COYAMI (COYAMI)	18e	15	4	A	1	0	35	225	17	148	59	CALCICO-BICARBONATADO
CHIH047	104.4000	30.0800	SAN ANTONIO BRAVO (OJINAGA)	18a	15	4	C	3	0	139	172	194	193	145	SODICO-CLORURADOS
CHIH048	104.4000	30.0600	SAN ANTONIO BRAVO (OJINAGA)	18a	15	4	C	3	0	131	166	193	190	140	SODICO-CLORURADOS
CHIH049	103.5400	29.0900	CAJON BENAVIDES (MANUEL BENAVIDES)	18b	15	4	A	1	0	38	108	15	108	91	SODICO-BICARBONATADO
CHIH050	103.5400	29.0900	OJO DOMINGUEZ (MANUEL BENAVIDES)	18a	15	4	B	1	0	58	115	57	128	***	SODICO-CLORURADOS
CHIH051	103.5150	29.0500	OJO HEDIONDO (MANUEL BENAVIDES)	18b	15	4	F	1	0	****	****	****	****	****	SODICO-BICARBONATADO
CHIH052	106.1720	28.4405	AGUA CALIENTE (CHIHUAHUA)	18b	15	4	F	1	0	****	****	****	****	****	SODICO-BICARBONATADO
CHIH053	105.9520	27.4055	SANTA ROSALIA (CAMARGO)	18e	15	4	F	3	0	****	****	****	****	****	CALCICO-SULFATADO
CHIS001	93.0100	15.3700	AGUA CALIENTE (PIJJIJAPAN).	18c	15	4	B	1	0	79	57	41	96	71	SODICO-SULFATADO
CHIS002	92.5300	15.2900	AGUA CALIENTE (MAPASTEPEC).	18c	15	4	B	1	0	55	94	50	116	87	SODICO-SULFATADO
CHIS003	92.4600	15.2400	AGUA CALIENTE LAS MARGARITAS (SESECAPA).	18a	15	4	B	3	0	74	98	58	121	93	SODICO-CLORURADOS
CHIS004	92.4100	15.1800	AGUA CALIENTE SAN ANTONIO (ESCUINTLA).	18c	15	4	B	1	0	67	35	59	90	102	SODICO-SULFATADO
CHIS005	92.3900	15.2800	AGUA CALIENTE LAS GOLONDRINAS. (MOTZINTLA).	18c	15	4	B	3	0	100	116	74	134	113	SODICO-SULFATADO
CHIS006	92.2300	15.1200	AGUA CALIENTE EL RETIRO (TUZANTAN).	18c	15	4	B	3	0	58	97	68	124	111	SODICO-SULFATADO

MANIFESTACIONES TERMALES DE LA REPUBLICA MEXICANA  
(Torres-Rodriguez, 1989)

No. ANOM	LONG.	LATITUD	NOMBRE DEL CAMPO O MANIFESTACION (MUNICIPIO)	C O D I G O	G E D T E R M O M E T R O S					TIPO DE FLUIDO
					K-Mg	Na-K	Na/Ka	Na/KCa	SiO2	
					b=4/3 b=1/3					
CHIS007	92.1900	15.1800	GEISER DE TOLIMAN (MOTZINTLA).	18a 15 4 C 3 0	131	205	290	228	164	SODICO-CLORURADOS
CHIS008	92.4000	16.2400	BALNEARIO EL CARMEN (VENUSTIANO CARRANZA).	18a 15 4 B 1 0	92	160	146	175	25	SODICO-CLORURADOS
CHIS009	93.1100	17.0100	TRES PICOS SUSUCUYU (COPAINALA).	18a 15 4 B 1 0	78	98	117	139	66	SODICO-CLORURADOS
CHIS010	93.1700	17.1000	EL AZUFRE (TECPATAN).	18c 15 4 B 1 0	59	114	76	134	61	SODICO-SULFATADO
CHIS011	93.1400	17.1800	VOLCAN CHICHONAL 1 (CHAPULTENANGO).	19c 0 6 F 6 0	*****	*****	*****	*****	****	NO DETERMINADO
CHIS012	93.1400	17.1800	VOLCAN CHICHONAL 2 (CHAPULTENANGO).	19c 15 6 F 3 0	*****	*****	*****	*****	***	NO DETERMINADO
CHIS013	92.0700	15.0600	VOLCAN TACANA 1 (UNION JUAREZ).	19c 0 6 F 6 0	*****	*****	*****	*****	***	NO DETERMINADO
CHIS014	92.0800	15.1100	VOLCAN TACANA 2 (UNION JUAREZ).	18c 15 6 B 3 0	78	237	117	195	170	SODICO-SULFATADO
COAH001	102.5300	25.2700	VILLA DE BILBAD (VIEZCA)	19c 13 8 F 1 5	*****	*****	*****	*****	****	NO DETERMINADO
COAH002	100.5800	25.2900	SAN JERONIMO OJO CALIENTE (RAMOS ARIZPE)	18e 15 8 F 1 5	24	19	0	****	62	CALCICO-SULFATADO
COAH003	100.5600	25.4900	POBLADO PAREDON, SAN JOAQUIN (RAMOS ARIZPE)	19c 15 8 F 1 5	*****	*****	*****	*****	****	NO DETERMINADO
COAH004	100.5815	25.5610	RANCHO LA AZUFROSA (RAMOS ARIZPE)	18e 15 8 F 1 5	67	0	****	68	81	CALCICO-SULFATADO
COAH005	101.1800	27.1500	ESTACION HERMANAS (MELCHOR OCAMPO)	18e 15 8 F 1 5	20	18	****	*****	58	CALCICO-SULFATADO
COAH006	101.4300	26.5835	EJIDO FRONTERA (VILLA FRONTERA)	19c 13 8 F 1 5	*****	*****	*****	*****	****	NO DETERMINADO
COAH007	101.3300	27.0500	SANTA GERTRUDIS (SAN BUENAVENTURA)	19c 15 8 F 1 5	*****	*****	*****	*****	****	NO DETERMINADO
COAH008	102.1026	26.5100	SIERRA SAN MARCOS - LA BECERRA (CUATEOCIENEGAS)	18e 15 8 F 1 5	44	0	53	*****	***	CALCICO-SULFATADO
COAH009	100.4700	28.1300	LA AZUFROSA (VILLA UNION)	18e 15 8 F 1 6	20	****	*****	*****	53	CALCICO-SULFATADO
COAH010	102.5600	29.1000	BIGUILLA DEL CARMEN (VILLA OCAMPO)	19c 15 8 F 1 5	*****	*****	*****	*****	****	NO DETERMINADO
COAH011	100.4200	26.4800	LOS BAÑOS - OJO CALIENTE (LA CANDELA)	19c 15 8 F 1 0	*****	*****	*****	*****	****	NO DETERMINADO
COAH012	100.5800	28.2700	RANCHO LA MOTA (ZARAGOZA)	19b 15 8 F 1 5	20	*****	*****	*****	***	BICARBONATADO
COL001	104.1400	19.1300	PUNTA AGUA DE COMOKTLAN (MANZANILLO)	18c 15 2 A 1 7	49	92	50	115	97	SODICO-SULFATADO
COL002	103.3200	19.1100	AGUA CALIENTE TICHUCITAN (COLIMA)	18a 15 4 B 1 8	68	175	159	185	114	SODICO-CLORURADOS
COL003	103.3200	19.0500	ARROYO EL ZARCO-PUERTA DE ANZAR (COLIMA)	19c 15 4 F 1 8	*****	*****	*****	*****	***	NO DETERMINADO
DB0001	103.2200	25.5500	SAN FRANCISCO HORIZONTE (TLAHUILILLO)	18b 13 4 B 1 9	58	18	21	69	92	SODICO-BICARBONATADO
DB0002	103.3900	25.4600	SAN JOSE BELLAVISTA (MAPINTI)	19c 13 4 F 3 0	*****	*****	*****	*****	****	NO DETERMINADO
DB0003	104.1700	26.0400	PELAYO (MAPINTI)	18e 15 4 A 1 5	49	348	40	190	69	CALCICO-SULFATADO
DB0004	105.3100	26.2700	AGUA CALIENTE (VILLA OCAMPO)	19c 15 4 F 1 8	*****	*****	*****	*****	****	NO DETERMINADO
DB0005	106.1200	26.2500	EL OJITO (GUANAVECI)	18b 15 4 A 3 8	48	22	8	67	107	SODICO-BICARBONATADO
DB0006	105.4000	26.3000	SANTA CLARA (OCAMPO)	18b 3 4 B 3 9	80	13	64	77	98	SODICO-BICARBONATADO
DB0007	105.4700	26.3200	RANCHO NUEVO (SANTA CLARA)	18b 15 4 B 1 8	84	65	23	93	92	SODICO-BICARBONATADO
DB0008	105.3600	26.1600	20 DE ABRIL	18b 15 4 B 3 8	83	110	103	142	89	SODICO-BICARBONATADO
DB0009	105.2200	25.5600	SANTA MARIA DEL ORO (SANTA MARIA DEL ORO)	18b 15 4 B 1 7	81	105	110	141	118	SODICO-BICARBONATADO
DB0010	105.4500	25.4600	EL ZAPE (SANTA MARIA DEL ORO)	18b 15 4 B 3 8	54	-7	38	60	82	SODICO-BICARBONATADO
DB0011	105.5000	25.5400	AGUA CALIENTE (SANTA MARIA DEL ORO)	19c 15 4 F 3 7	*****	*****	*****	*****	***	NO DETERMINADO

MANIFESTACIONES TERMALES DE LA REPUBLICA MEXICANA  
(Torres-Rodriguez, 1989)

No. ANDM	LONG.	LATITUD	NOMBRE DEL CAMPO O MANIFESTACION (MUNICIPIO)	C O D I G O	G E O T E R M O M E T R O S					TIPO DE FLUIDO
					K-Mg	Na-K	Na/Ca	Na/KCa	SiO2	
								b=4/3	b=1/3	
DG0012	105.2100	25.5100	SANTA CRUZ DE TEPEHUANES (STA MARIA DEL ORO)	18b 15 4 B 1 9	67	72	29	99	97	SODICO-BICARBONATADO
DG0013	105.2600	25.5000	COFRADIA (SANTA MARIA DEL ORO)	18b 15 4 B 1 8	52	52	25	88	100	SODICO-BICARBONATADO
DG0014	105.3100	26.0300	SARDINAS (SAN BERNARDO)	18b 15 4 B 3 8	57	-37	61	46	89	SODICO-BICARBONATADO
DG0015	105.2700	26.5800	EL PAJARO (SANTA MARIA DEL ORO)	18b 15 4 B 3 8	77	-20	61	58	95	SODICO-BICARBONATADO
DG0016	104.3000	25.0800	RIO NAZAS (RODEO)	19c 15 4 F 3 8	*****	*****	*****	*****	****	NO DETERMINADO
DG0017	103.4400	25.2000	SANTA ANITA (LERDO)	18b 15 4 A 1 5	37	159	38	137	70	SODICO-BICARBONATADO
DG0018	103.0200	24.4700	SANTA ROSALIA (SIMON BOLIVAR)	18c 13 4 B 1 9	64	137	97	148	72	SODICO-SULFATADO
DG0019	103.3800	24.1200	EL OJO DEL PASTOR (SANTA CLARA)	18e 15 4 A 1 9	46	250	39	166	87	CALCICO-SULFATADO
DG0020	104.0500	25.4400	LA CONCHA (PEZON BLANCO)	19c 15 4 F 1 8	*****	*****	*****	*****	****	NO DETERMINADO
DG0021	104.0100	25.5200	JACALES (PEZON BLANCO)	18b 15 4 B 3 8	95	30	114	102	107	SODICO-BICARBONATADO
DG0022	104.3800	25.4400	SAN LUCAS (SAN JUAN DEL RIO)	18b 15 4 B 1 7	79	125	91	144	113	SODICO-SULFATADO
DG0023	104.3000	25.4900	ATOTONILCO (SAN JUAN DEL RIO)	19c 15 4 F 1 8	*****	*****	*****	*****	****	NO DETERMINADO
DG0024	104.2700	25.4200	EL SAUZE DE ABAJO (SAN JUAN DEL RIO)	19c 13 4 F 1 8	*****	*****	*****	*****	****	NO DETERMINADO
DG0025	104.3700	25.0900	SAN JOSE EL MOLINO	18b 13 4 C 1 9	130	36	80	93	91	SODICO-BICARBONATADO
DG0026	103.5500	24.0100	LOS OJOS DE AGUA (POANAS)	18b 15 4 B 1 8	64	251	44	168	103	SODICO-BICARBONATADO
DG0027	105.3200	24.0400	15 DE OCTUBRE (DURANGO)	18b 15 4 C 3 9	110	22	121	98	114	SODICO-BICARBONATADO
DG0028	106.5800	24.5900	AGUA CALIENTE (TAMAZULA)	18c 15 4 B 3 7	99	47	50	95	105	SODICO-SULFATADO
DG0029	106.5300	24.5900	TAMAZULA (TAMAZULA)	18c 15 4 C 3 7	144	88	82	124	126	SODICO-SULFATADO
DG0030	105.2700	25.1100	LOS BAZOS (SANTIAGO PAPASQUIARO)	19c 15 4 F 1 8	*****	*****	*****	*****	****	NO DETERMINADO
DG0031	105.3300	25.0800	HERVIDEROS (SANTIAGO PAPASQUIARO)	18b 15 4 C 3 8	107	103	115	141	127	SODICO-BICARBONATADO
DG0032	105.3400	25.1500	HERVIDEROS (TEPEHUANES)	18b 15 4 C 3 8	139	105	87	134	***	SODICO-BICARBONATADO
DG0033	105.4300	25.2600	LA CANDELARIA (TEPEHUANES)	18b 15 4 B 1 8	97	71	16	94	92	SODICO-BICARBONATADO
DG0034	105.2600	25.0200	SANTIAGO PAPASQUIARO (SANTIAGO PAPASQUIARO)	18b 15 4 B 1 0	90	?	35	69	86	SODICO-BICARBONATADO
DG0035	104.1800	23.3800	EL PACHON (MEZQUITAL)	18b 15 4 B 1 6	92	71	37	101	40	SODICO-BICARBONATADO
DG0036	104.1800	23.3800	SAN JUAN ATOTONILCO (MEZQUITAL)	18b 15 4 B 1 8	84	41	39	85	96	SODICO-BICARBONATADO
DG0037	104.2000	23.2700	BALNEARIO LA JOYA (MEZQUITAL)	18b 15 4 B 1 8	83	51	32	90	92	SODICO-BICARBONATADO
DG0038	104.2600	23.2300	OJO AGUA CALIENTE (MEZQUITAL)	18b 15 4 B 3 8	85	38	67	94	107	SODICO-BICARBONATADO
DG0039	104.1700	23.4100	ACATITA (MEZQUITAL)	18b 15 4 B 1 8	76	56	18	92	102	SODICO-BICARBONATADO
DG0040	104.1700	23.4100	RIO MEZQUITAL (MEZQUITAL)	18b 15 4 B 3 8	93	80	64	115	101	SODICO-BICARBONATADO
DG0041	104.3000	23.1200	TEMORAY (MEZQUITAL)	18b 15 4 B 1 9	72	69	9	90	82	SODICO-BICARBONATADO
DG0042	105.2300	26.5600	AGUA CALIENTE (SANTIAGO PAPASQUIARO)	18b 15 4 B 3 8	66	30	54	89	79	SODICO-BICARBONATADO
DG0043	106.0900	24.5200	EL CORRAL (SANTIAGO PAPASQUIARO)	18b 15 4 F 3 8	*****	*****	*****	*****	****	SODICO-BICARBONATADO
DG0044	105.0000	25.3500	EL PALMITO (INDE)	18b 15 4 A 1 8	42	5	55	72	71	SODICO-BICARBONATADO
DG0045	105.0600	25.2100	CIENEGA DE VARGAS (SANTA MARIA DEL ORO)	18b 15 4 B 1 8	79	58	26	91	108	SODICO-BICARBONATADO
DG0046	105.1000	25.2400	LA SOLEDAD (SANTA MARIA DEL ORO)	18b 15 4 B 1 8	71	35	28	80	99	SODICO-BICARBONATADO
DG0047	105.1200	25.3900	EMILIANO MARTINEZ (SANTA MARIA DEL ORO)	18b 15 4 B 1 8	80	66	20	93	91	SODICO-BICARBONATADO
DG0048	104.5000	25.3500	SAN PEDRO DEL GALLO (SAN PEDRO DEL GALLO)	18e 15 4 A 1 5	47	182	51	154	69	CALCICO-SULFATADO
DG0049	104.1600	25.2500	OJO CALIENTE SAN RAFAEL (RODEO)	18b 15 4 B 3 8	69	92	82	126	120	SODICO-BICARBONATADO
DG0050	105.1900	23.1700	AGUA CALIENTE (PUEBLO NUEVO)	18b 15 4 A 1 8	27	70	21	95	85	SODICO-BICARBONATADO
DG0051	105.2200	25.4700	LOS PACITONES (SANTIAGO PAPASQUIARO)	19c 15 4 F 1 8	*****	*****	*****	*****	****	NO DETERMINADO



MANIFESTACIONES TERMALES DE LA REPUBLICA MEXICANA  
(Torres-Rodriguez, 1989)

No. ANOM	LONG.	LATITUD	NOMBRE DEL CAMPO O MANIFESTACION (MUNICIPIO)	C O D I G O	G E O T E R M O M E T R O S					TIPO DE FLUIDO	
					K-Mg	Na-K	Na/Ka	Na/Ka	SiO2		
060052	105.1800	25.4400	TENECAPA (SANTIAGO PAPASQUIARO)	19c 15 4 F	1 8	*****	*****	*****	*****	****	NO DETERMINADO
060053	105.1800	25.4200	TENECAPA (SANTIAGO PAPASQUIARO)	19c 15 4 F	1 8	*****	*****	*****	*****	****	NO DETERMINADO
060054	104.3600	24.5700	PIPILA (COMONFORT)	18b 15 4 A	1 8	45	127	48	129	69	SODICO-BICARBONATADO
060055	104.2900	23.1200	AGUITA ZARCA (MEZQUITAL)	19c 15 4 F	1 8	*****	*****	*****	*****	****	NO DETERMINADO
EMEX001	97.4300	19.4000	UNIDAD PASTEJE (IXTLAHUACA)	18b 13 4 B	1 9	78	211	101	180	150	SODICO-BICARBONATADO
EMEX002	100.1500	19.1600	BALNEARIO LAS SALINAS (IXTAPAN DEL ORO)	18b 15 4 C	1 0	112	163	266	205	154	SODICO-BICARBONATADO
EMEX003	99.4100	18.5400	BALNEARIO IXTAPAN DE LA SAL (IXTAPAN DE LA SAL)	18a 15 4 C	3 3	106	150	182	181	96	SODICO-CLORURADOS
EMEX004	99.4100	18.5400	LAGUNA VERDE (IXTAPAN DE LA SAL)	18a 15 2 C	3 3	106	151	186	182	96	SODICO-CLORURADOS
EMEX005	100.0200	18.5900	EL BAZITO PEPECHUCA (SULTEPEC)	18b 3 4 A	1 5	29	25	13	76	70	SODICO-BICARBONATADO
EMEX006	99.4100	18.5300	BALNEARIO DE TONATICO (TONATICO)	18a 3 4 C	1 3	108	159	202	169	66	SODICO-CLORURADOS
GR0001	95.5600	13.0200	PAPALUTLA BALNEARIO ATOTOMILCO (CPALILLO)	18e 15 4 B	1 5	52	210	53	161	69	CALCICO-SULFATADO
GR0002	99.3800	16.5700	ARROYO AGUA CALIENTE (ACAPULCO)	18b 15 4 A	1 7	34	16	26	70	86	SODICO-BICARBONATADO
GR0003	99.3600	16.5300	AGUA ZARCA (SAN MARCOS)	18b 15 4 B	1 7	65	45	49	92	83	SODICO-BICARBONATADO
GR0004	99.3900	16.5000	MANANTIAL AGUA CALIENTE (ACAPULCO)	18b 15 4 B	1 7	59	70	54	107	87	SODICO-BICARBONATADO
GR0005	99.3000	16.4500	RIO CORTEZ - ATOTOMILCO (SAN MARCOS)	18b 15 4 A	1 7	40	17	52	78	69	SODICO-BICARBONATADO
GR0006	99.3000	16.5200	EL TAMARINDO (SAN MARCOS)	18c 15 4 B	1 7	68	31	53	87	99	SODICO-SULFATADO
GR0007	97.2400	16.4400	COACOYUL (SAN MARCOS)	18b 15 4 B	1 7	72	53	69	107	103	SODICO-BICARBONATADO
GR0008	98.4300	16.5000	ATOTOMILCO (SAN LUIS ACATLAN)	18a 15 4 B	3 7	65	52	-2	77	92	19d
GR0009	101.4700	17.5700	LA PAZ (UNION)	18a 15 4 B	1 5	86	38	32	84	76	SODICO-CLORURADOS
GR0010	99.4200	16.4900	EL BORBOLLON (ACAPULCO)	18a 15 4 B	1 7	63	71	55	107	94	SODICO-CLORURADOS
GT0001	100.3900	20.0200	BALNEARIO AGUA CALIENTE (ACAMBARD)	19c 15 4 F	1 0	*****	*****	*****	*****	****	NO DETERMINADO
GT0002	100.3900	20.0200	BAZO CUAUHTEMOC (ACAMBARD)	19c 15 4 F	1 0	*****	*****	*****	*****	****	NO DETERMINADO
GT0003	100.3900	20.0200	LA PEDRERA (ACAMBARD)	19c 15 4 F	1 0	*****	*****	*****	*****	****	NO DETERMINADO
GT0004	100.3900	20.0200	EL TULAR - CHUPICUARO (ACAMBARD)	19c 15 4 F	1 0	*****	*****	*****	*****	****	NO DETERMINADO
GT0005	100.4500	20.1300	BALNEARIO LINDAVISTA (TARIMORO)	19c 13 4 F	1 0	*****	*****	*****	*****	****	NO DETERMINADO
GT0006	100.4500	20.1800	AGUA POTABLE (TARIMORO)	19c 13 4 F	1 0	*****	*****	*****	*****	****	NO DETERMINADO
GT0007	100.4900	20.0600	BAZOS OBRAJUELO (ACAMBARD)	19c 15 4 F	1 0	*****	*****	*****	*****	****	NO DETERMINADO
GT0008	100.4900	20.0600	BALNEARIO LOS AMORES (ACAMBARD)	19c 15 4 F	1 0	*****	*****	*****	*****	****	NO DETERMINADO
GT0009	100.4900	20.0600	AGUA CALIENTE DE CHAMACUARO (ACAMBARD)	19c 15 4 F	1 0	*****	*****	*****	*****	****	NO DETERMINADO
GT0010	100.5100	20.1500	EJIDO URIRED (SALVATIERRA)	19c 15 4 F	3 0	*****	*****	*****	*****	****	NO DETERMINADO
GT0011	101.0100	20.1400	CERRO CUPAREO (SALVATIERRA)	19c 13 4 F	4 0	*****	*****	*****	*****	****	NO DETERMINADO
GT0012	101.0100	20.1400	HUZOS CUPAREO (SALVATIERRA)	19c 13 4 F	4 0	*****	*****	*****	*****	****	NO DETERMINADO
GT0013	101.0200	20.0500	BALNEARIO SR. MERCADO (SANTIAGO MARAVATIO)	19c 13 4 F	1 0	*****	*****	*****	*****	****	NO DETERMINADO
GT0014	101.0200	20.0500	EL BAZO CHICO (SANTIAGO MARAVATIO)	19c 15 4 F	1 0	*****	*****	*****	*****	****	NO DETERMINADO
GT0015	101.0200	20.0500	EL BAZO DE JUAN (SANTIAGO MARAVATIO)	19c 15 4 F	1 0	*****	*****	*****	*****	****	NO DETERMINADO
GT0016	100.4800	20.2500	BALNEARIO AGUA CALIENTE (CELAYA)	19c 13 4 F	1 0	*****	*****	*****	*****	****	NO DETERMINADO
GT0017	100.4800	20.2500	BALNEARIO EL ROSARIO (CELAYA)	19c 13 4 F	1 0	*****	*****	*****	*****	****	NO DETERMINADO
GT0018	100.4800	20.2500	EL SALTO (CELAYA)	19c 13 4 F	4 0	*****	*****	*****	*****	****	NO DETERMINADO

MANIFESTACIONES TERMALES DE LA REPUBLICA MEXICANA  
(Torres-Rodriguez, 1989)

No. ANOM	LONG.	LATITUD	NOMBRE DEL CAMPO O MANIFESTACION (MUNICIPIO)	C O D I G O	G E O T E R M O M E T R O S					TIPO DE FLUIDO
					K-Mg	Na-K	NaKCa	NaKCa	SiO2	
6T0019	100.4400	20.2800	RANCHO FLORENTINO RODRIGUEZ (CELAYA).	19c 13 4 F 1 0	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
6T0020	100.4900	20.2800	RANCHO JOSE GUZMAN (CELAYA).	19c 13 4 F 1 0	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
6T0021	100.4900	20.2800	GRANJA ARTURO CARRASCO (CELAYA).	19c 13 4 F 1 0	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
6T0022	100.4900	20.2800	GRANJA LA PROVIDENCIA (CELAYA).	19c 13 4 F 1 0	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
6T0023	100.4700	20.2700	BALNEARIO LOS ARCOS (CELAYA).	19c 13 4 F 1 0	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
6T0024	100.4700	20.2700	AGUA CALIENTE MIGUEL ACTOPAN (CELAYA).	19c 13 4 F 4 0	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
6T0025	100.4700	20.2700	SERGIO ONTIVEROS J. (CELAYA).	19c 13 4 F 1 0	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
6T0026	100.4700	20.2700	RANCHO EL MOSOTE (COMONFORT).	19c 13 4 F 1 0	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
6T0027	0.0000	0.0000	GRANJA MARIA TERESA (CELAYA).	18b 13 4 B 1 6	92	265	103	225	108	SODICO-BICARBONATADO
6T0029	0.0000	0.0000	RANCHO FEDERICO ROJAS (CELAYA).	18b 13 4 B 1 9	89	334	106	218	108	SODICO-BICARBONATADO
6T0029	0.0000	0.0000	EL PEDREGAL (CORTAZAR).	18b 13 4 B 1 8	84	177	123	175	73	SODICO-BICARBONATADO
6T0030	0.0000	0.0000	POZO LAS COLONIAS (CORTAZAR).	18b 13 4 B 1 9	73	212	121	188	103	SODICO-BICARBONATADO
6T0031	0.0000	0.0000	SAN JOSE EL NUEVO (CORTAZAR).	18b 13 4 B 1 8	96	330	113	220	116	SODICO-BICARBONATADO
6T0032	100.4400	20.2600	CANDIDO CORNEJO (CELAYA).	18b 13 4 B 1 9	93	381	104	229	92	SODICO-BICARBONATADO
6T0033	100.4400	20.2600	MANUEL ENRIQUEZ (CELAYA).	18b 13 4 B 1 9	96	491	117	258	131	SODICO-BICARBONATADO
6T0034	100.4700	20.2800	FRANCISCO RAMIREZ (CELAYA).	18b 13 4 B 1 3	97	511	110	258	134	SODICO-BICARBONATADO
6T0035	100.4700	20.2800	CELANESE POZO # 4 (CELAYA).	18b 13 4 B 1 3	82	360	54	220	119	SODICO-BICARBONATADO
6T0036	100.4700	20.2800	CELANESE POZO # 5 (CELAYA).	18b 13 4 B 1 3	75	225	98	184	108	SODICO-BICARBONATADO
6T0037	100.4700	20.2800	CELANESE POZO # 1 (CELAYA).	18b 13 4 B 1 9	64	171	73	156	131	SODICO-BICARBONATADO
6T0038	100.5700	20.3200	PEDRO ITURBIDE (CORTAZAR).	18b 13 4 B 1 3	72	150	86	152	113	SODICO-BICARBONATADO
6T0039	100.4000	20.3400	EL CERRITO (APASEO EL ALTO).	18b 13 4 B 1 8	46	111	140	152	93	SODICO-BICARBONATADO
6T0040	100.3900	20.3600	EL VICARIO (APASEO EL ALTO).	18b 13 4 B 1 9	65	238	82	181	48	SODICO-BICARBONATADO
6T0041	100.4500	20.3400	AGUA CALIENTE SAN MIGUEL ACTOPAN (CELAYA).	18b 15 4 C 3 9	126	137	163	170	113	SODICO-BICARBONATADO
6T0042	100.5700	20.4100	RANCHO EL CAPULIN (JUVENTINO ROSAS).	18b 13 4 B 1 9	75	86	78	122	64	SODICO-BICARBONATADO
6T0043	100.4800	20.3200	TERMOCLECTRICA # 4 (CELAYA).	18b 13 4 B 1 9	73	262	98	195	103	SODICO-BICARBONATADO
6T0044	100.4800	20.3200	CIUDAD DEPORTIVA CELAYA POZO # 1 (CELAYA).	18b 13 4 B 1 9	69	261	91	192	116	SODICO-BICARBONATADO
6T0045	100.4800	20.3200	CIUDAD DEPORTIVA CELAYA POZO # 2 (CELAYA).	18b 13 4 B 1 9	69	264	94	194	124	SODICO-BICARBONATADO
6T0046	100.5700	20.3800	RANCHO SANTA ISABEL (JUVENTINO ROSAS).	18b 13 4 C 1 9	102	366	116	231	108	SODICO-BICARBONATADO
6T0047	100.5800	20.3300	RANCHO TIERRAS NEGRAS (VILLAGRAN).	18b 13 4 B 4 9	85	171	108	168	131	SODICO-BICARBONATADO
6T0048	100.5800	20.3300	TOLENTINO (VILLAGRAN).	18b 13 4 C 1 9	105	200	120	183	131	SODICO-BICARBONATADO
6T0049	100.5500	20.3200	POZO DE TOLENTINO (VILLAGRAN).	18b 13 4 C 1 9	102	295	113	211	131	SODICO-BICARBONATADO
6T0050	100.5700	20.4100	JARALILLO (JUVENTINO ROSAS).	18b 13 4 B 1 9	72	252	87	188	100	SODICO-BICARBONATADO
6T0051	101.0200	20.3400	ALBERCA LINARES (VILLAGRAN).	18b 13 4 B 1 9	97	206	115	184	99	SODICO-BICARBONATADO
6T0052	101.0400	20.3300	MARCIANO LINARES (VILLAGRAN).	18b 13 4 B 1 9	85	199	108	179	86	SODICO-BICARBONATADO
6T0053	100.5500	20.3200	FRANCISCO JIMENEZ (CELAYA).	18b 13 4 C 1 9	111	223	122	192	122	SODICO-BICARBONATADO
6T0054	100.5500	20.3200	RANCHO VIEJO (CELAYA).	18b 13 4 C 1 9	106	228	133	197	96	SODICO-BICARBONATADO
6T0055	101.1400	20.2200	PRESA SAN ANDRES (VALLE DE SANTIAGO).	18b 13 4 B 1 8	70	279	117	208	97	SODICO-BICARBONATADO
6T0056	101.1400	20.2200	EL DURAZNO (VALLE DE SANTIAGO).	18b 13 4 B 1 9	76	326	109	217	105	SODICO-BICARBONATADO
6T0057	101.1200	20.2100	POTRERO GALLEG0 (VALLE DE SANTIAGO).	18b 13 4 B 1 8	81	262	81	188	116	SODICO-BICARBONATADO

MANIFESTACIONES TERMALES DE LA REPUBLICA MEXICANA  
(Torres-Rodriguez, 1989)

No. ANOM	LONG.	LATITUD	NOMBRE DEL CAMPO O MANIFESTACION (MUNICIPIO)	C O D I G O	G E O T E R M O M E T R O S					TIPO DE FLUIDO
					K-Mg	Na-K	NaKCa	NaKCa	SiO2	
BT0058	101.1200	20.2100	LOS ARCOS (VALLE DE SANTIAGO).	18b 13 4 B 1 8	69	236	124	197	137	SODICO-BICARBONATADO
BT0059	101.1400	20.2200	RINCON DE PARANGUEO (VALLE DE SANTIAGO).	18b 13 4 B 1 8	70	155	293	206	102	SODICO-BICARBONATADO
BT0060	101.0900	20.2000	SR. ORTIZ (VALLE DE SANTIAGO).	18b 13 4 B 1 9	83	249	110	196	102	SODICO-BICARBONATADO
BT0061	101.0200	20.3600	SANTA MARIA DE GUADALUPE (VILLAGRAN).	18b 13 4 B 1 9	93	269	119	205	102	SODICO-BICARBONATADO
BT0062	101.1000	20.3300	TERMOELECTRICA SALAMANCA POZO # 5 (SALAMANCA).	18b 13 4 B 1 9	89	86	88	125	111	SODICO-BICARBONATADO
BT0063	101.1000	20.3300	TERMOELECTRICA SALAMANCA POZO # 11 (SALAMANCA).	18b 13 4 B 4 9	87	91	112	134	105	SODICO-BICARBONATADO
BT0064	101.1000	20.3300	TERMOELECTRICA SALAMANCA POZO # 12 (SALAMANCA).	18b 13 4 B 4 9	80	89	109	133	100	SODICO-BICARBONATADO
BT0065	101.1000	20.3300	TERMOELECTRICA SALAMANCA POZO # 17 (SALAMANCA).	18b 13 4 B 1 9	89	84	107	130	137	SODICO-BICARBONATADO
BT0066	101.3000	20.3800	CERRITO AGUA CALIENTE (IRAPUATO).	18b 13 4 B 4 9	85	69	112	123	133	SODICO-BICARBONATADO
BT0067	101.3600	20.3300	MANANTIAL SAN GREGORIO (IRAPUATO).	18b 15 4 B 1 8	82	69	76	113	104	SODICO-BICARBONATADO
BT0068	101.3600	20.3000	EL DIQUE ALTO (IRAPUATO).	18b 13 4 B 4 9	74	18	79	87	92	SODICO-BICARBONATADO
BT0069	101.3700	20.2400	POZO # 7 S.A.R.H. (ABASOLO).	18b 13 4 B 1 9	91	147	141	168	43	SODICO-BICARBONATADO
BT0070	101.3700	20.2400	EL PUENTE (ABASOLO).	18b 13 4 B 1 9	84	141	109	156	141	SODICO-BICARBONATADO
BT0071	101.3500	20.2100	LAS POMAS 1 (ABASOLO).	18b 13 4 B 4 8	87	133	119	156	107	SODICO-BICARBONATADO
BT0072	101.3200	20.2700	BALNEARIO LA CALDERA (ABASOLO).	18b 13 4 B 4 6	75	1893	60	329	142	SODICO-BICARBONATADO
BT0073	101.3100	20.2600	BALNEARIO EL CERRITO (ABASOLO).	18b 13 4 B 1 3	76	177	116	173	132	SODICO-BICARBONATADO
BT0074	101.5100	20.3800	LOS ORGANOS - EL CASCAREL (MANUEL DOBLADO).	18b 15 4 B 1 2	72	322	77	203	123	SODICO-BICARBONATADO
BT0075	101.3900	20.3500	AGUA POTABLE CUERAMARO (CUERAMARO).	18b 13 4 B 1 9	57	59	85	111	109	SODICO-BICARBONATADO
BT0076	101.5000	20.2300	PALO ALTO - SAN JOSE DE ARRIBA (PENJAMO).	18b 13 4 B 1 8	75	200	80	168	146	SODICO-BICARBONATADO
BT0077	0.0000	0.0000	RANCHO NUEVO LLANITO (SILAO).	18b 13 4 C 4 8	151	226	214	220	122	SODICO-BICARBONATADO
BT0078	0.0000	0.0000	EXHACIENDA EL LLANITO (SILAO).	18b 13 4 B 1 3	73	189	86	167	119	SODICO-BICARBONATADO
BT0079	0.0000	0.0000	BAJO DE LAS AGUAS BUENAS (SILAO).	18b 15 4 B 3 3	64	101	91	133	129	SODICO-BICARBONATADO
BT0080	0.0000	0.0000	BALNEARIO AGUAS BUENAS (SILAO).	18b 15 4 B 3 3	65	100	107	137	142	SODICO-BICARBONATADO
BT0081	101.5300	21.0000	EL POCITO (PURISIMA DE BUSTOS).	18b 13 4 B 1 8	68	128	82	142	150	SODICO-BICARBONATADO
BT0082	101.5300	20.5800	BALNEARIO LOS TANQUES (PURISIMA DE BUSTOS).	CAL 15 4 B 1 8	68	264	54	177	125	190
BT0083	101.4900	20.5200	LA PLAYA (MANUEL DOBLADO).	18b 15 4 C 3 8	115	101	166	153	109	SODICO-BICARBONATADO
BT0084	101.4800	20.4900	EL SAUZ DE ARMENTA (MANUEL DOBLADO).	18b 13 4 B 1 8	64	72	62	110	131	SODICO-BICARBONATADO
BT0085	100.5000	21.0400	RANCHO TEQUISQUIAPAN (DOLORES HIDALGO).	18b 13 4 B 1 3	71	17	104	92	119	SODICO-BICARBONATADO
BT0086	0.0000	0.0000	EL PLOJITO - ATOTONILCO (SAN MIGUEL ALLENDE).	18b 15 4 B 1 9	64	-13	81	67	115	SODICO-BICARBONATADO
BT0087	0.0000	0.0000	BALNEARIO LA GRUTA (SAN MIGUEL DE ALLENDE).	18b 13 4 B 1 9	69	96	63	122	122	SODICO-BICARBONATADO
BT0088	0.0000	0.0000	OJO DE AGUA ATOTONILCO (SAN MIGUEL DE ALLENDE).	18b 15 4 B 1 3	68	102	68	126	115	SODICO-BICARBONATADO
BT0089	0.0000	0.0000	BALNEARIO TABOADA (SAN MIGUEL DE ALLENDE).	18b 13 4 B 1 9	70	95	60	120	118	SODICO-BICARBONATADO

MANIFESTACIONES TERMALES DE LA REPUBLICA MEXICANA  
(Torres-Rodriguez, 1989)

No. ANOM	LONG.	LATITUD	NOMBRE DEL CAMPO O MANIFESTACION (MUNICIPIO)	C O D I G O	G E O T E R M O M E T R O S					TIPO DE FLUIDO
					K-Mg	Na-K	NaKCa	NaKCa	SiO2	
					b=4/3 b=1/3					
GT0090	0.0000	0.0000	HOTEL TABORDA (SAN MIGUEL ALLENDE).	16b 15 4 B 1 9	66	94	59	120	116	SODICO-BICARBONATADO
GT0091	0.0000	0.0000	BALNEARIO LA PROVIDENCIA (SAN MIGUEL ALLENDE).	16b 15 4 B 1 9	67	87	62	117	102	SODICO-BICARBONATADO
GT0092	0.0000	0.0000	BALNEARIO XOTE (SAN MIGUEL ALLENDE).	16b 13 4 B 1 3	70	104	69	127	72	SODICO-BICARBONATADO
GT0093	101.2900	21.0400	COMANJILLA (GUANAJUATO).	16b 15 4 C 3 3	118	122	184	168	175	SODICO-BICARBONATADO
GT0094	101.2900	21.0400	COMANJILLA (GUANAJUATO).	16b 15 4 F 3 3	****	132	200	176	172	SODICO-BICARBONATADO
GT0095	101.0700	21.3300	SANTA ROSA POZO # 1 (SAN FELIPE).	16b 15 4 B 1 9	71	70	56	107	112	SODICO-BICARBONATADO
GT0096	101.0500	21.3200	SANTA ROSA - EL POCITO (SAN FELIPE).	16b 13 4 B 1 9	78	88	65	119	115	SODICO-BICARBONATADO
GT0097	101.0100	21.3600	ESTABLO SAN FRANCISCO (SAN FELIPE).	16b 13 4 B 1 8	83	123	73	137	117	SODICO-BICARBONATADO
GT0098	101.0000	21.3500	EL ARQUITO - S. B. DE BERRIOS (SAN FELIPE).	16b 13 4 B 1 9	84	121	73	136	119	SODICO-BICARBONATADO
GT0099	101.0100	21.3800	EL JARRAL (SAN FELIPE).	16b 13 4 B 1 9	92	121	74	136	121	SODICO-BICARBONATADO
GT0100	101.0900	21.3500	LABOR EL PALONO (SAN FELIPE).	16b 13 4 B 1 9	76	66	47	102	113	SODICO-BICARBONATADO
GT0101	101.0000	21.4000	JARAL POZO # 3 (SAN FELIPE).	16b 13 4 B 1 9	75	140	70	143	115	SODICO-BICARBONATADO
GT0102	101.0000	21.4000	JARAL POZO # 9 (SAN FELIPE).	16b 13 4 B 1 9	88	101	67	126	115	SODICO-BICARBONATADO
GT0103	101.0600	21.3800	JARAL LA VARILLA (SAN FELIPE).	16b 13 4 B 1 9	92	144	73	145	124	SODICO-BICARBONATADO
GT0104	100.5700	21.3600	EL CARRETON (SAN FELIPE).	16b 13 4 B 1 9	88	104	66	127	118	SODICO-BICARBONATADO
GT0105	100.5700	21.3600	RANCHO XILANTRO 1 (SAN FELIPE).	16b 13 4 B 1 9	90	179	71	158	108	SODICO-BICARBONATADO
GT0106	100.5700	21.3600	RANCHO XILANTRO 2 (SAN FELIPE).	16b 13 4 B 1 9	86	95	52	117	87	SODICO-BICARBONATADO
GT0107	100.5700	21.3600	EL PIRUL 2 (SAN FELIPE).	16b 13 4 B 1 9	90	236	82	181	121	SODICO-BICARBONATADO
GT0108	100.5700	21.3600	SAN JULIAN 1 (SAN FELIPE).	16b 13 4 B 1 9	87	163	69	151	118	SODICO-BICARBONATADO
GT0109	100.5700	21.3600	LA PROFECIA 4 (SAN FELIPE).	16b 13 4 B 1 9	87	91	51	115	118	SODICO-BICARBONATADO
GT0110	100.5700	21.3600	LA PROFECIA 1 (SAN FELIPE).	16b 13 4 B 1 9	81	140	65	141	112	SODICO-BICARBONATADO
GT0111	100.5600	21.4200	RINCON DEL PARAISO (SAN FELIPE).	16b 13 4 B 1 9	97	102	54	121	116	SODICO-BICARBONATADO
GT0112	100.5600	21.4200	RINCON DEL PARAISO (SAN FELIPE).	16b 13 4 B 1 9	94	102	54	121	73	SODICO-BICARBONATADO
GT0113	100.5600	21.4200	RINCON DEL PARAISO (SAN FELIPE).	16b 13 4 B 1 9	92	105	61	125	93	SODICO-BICARBONATADO
GT0114	0.0000	0.0000	LEQUEITO (SAN FELIPE).	16b 13 4 B 1 9	89	183	71	159	112	SODICO-BICARBONATADO
GT0115	101.0400	21.4100	RINCON DE GUADALUPE (SAN FELIPE).	16b 13 4 B 1 9	91	155	65	147	119	SODICO-BICARBONATADO
GT0116	101.0400	21.4300	RINCON DE GUADALUPE 1 (SAN FELIPE).	16b 13 4 B 1 9	89	199	72	165	127	SODICO-BICARBONATADO
GT0117	101.0100	21.4200	SALICIA 3 (SAN FELIPE).	16b 13 4 B 1 9	94	202	77	168	142	SODICO-BICARBONATADO
GT0118	100.5400	21.1200	SOLEDAD NUEVA DOLORES (DOLORES HIDALGO).	16b 13 4 B 1 9	91	206	95	176	78	SODICO-BICARBONATADO
GT0119	100.4600	21.0000	RANCHO VIEJO (SAN MIGUEL ALLENDE).	16b 13 4 B 1 3	88	300	102	208	120	SODICO-BICARBONATADO
GT0120	100.5700	21.1200	BALNEARIO EL BASIS (DOLORES HIDALGO).	16b 13 4 B 1 9	84	283	97	201	110	SODICO-BICARBONATADO
GT0121	0.0000	0.0000	RANCHO LA TRINIDAD (SAN LUIS DE LA PAZ).	16b 13 4 B 1 9	83	215	142	196	65	SODICO-BICARBONATADO
GT0122	0.0000	0.0000	BALNEARIO SAN JUAN (SAN LUIS DE LA PAZ).	16b 13 4 B 1 9	91	69	151	133	94	SODICO-BICARBONATADO
GT0123	0.0000	0.0000	BALNEARIO EL EXTRONQUE (SAN LUIS DE LA PAZ).	16b 13 4 B 1 9	87	150	144	170	89	SODICO-BICARBONATADO
GT0124	100.2400	21.1000	BUENAVISTA (DR. MORAN).	16b 13 4 B 1 9	98	195	110	178	117	SODICO-BICARBONATADO

MANIFESTACIONES TERMALES DE LA REPUBLICA MEXICANA  
(Torres-Rodriguez, 1989)

No. ANOM	LONG.	LATITUD	NOMBRE DEL CAMPO O MANIFESTACION (MUNICIPIO)	C	D	I	G	GEOTERMOMETROS					TIPO DE FLUIDO		
								K-Mg	Na-K	Na/KCa	Na/KCa	SiO2			
								b=4/3	b=1/3						
GT0125	100.2400	21.1000	RANCHO FLORENCIA (DR. MORA).	18b	13	4	B	1	9	82	116	70	133	120	SODICO-BICARBONATADO
GT0126	100.1800	21.1200	EJIDO BEGONIA (DR. MORA).	18b	13	4	B	1	9	93	210	85	173	117	SODICO-BICARBONATADO
GT0127	100.1800	21.1200	EL CONDE POZO # 2 (DR. MORA).	18b	13	4	B	1	9	93	320	105	214	137	SODICO-BICARBONATADO
GT0128	0.0000	0.0000	SANTA BARBARA (SAN LUIS DE LA PAZ).	18b	13	4	B	1	9	83	196	129	184	105	SODICO-BICARBONATADO
GT0129	100.2100	21.0100	LA ESCONDIDA (SAN JOSE ITURBIDE).	18b	13	4	C	1	9	129	343	109	222	128	SODICO-BICARBONATADO
GT0130	100.2100	21.0100	LA ESCONDIDITA 2 (SAN JOSE ITURBIDE).	18b	13	4	S	1	9	96	193	72	163	117	SODICO-BICARBONATADO
GT0131	100.2100	21.0100	HACIENDA LA ESCONDIDA (SAN JOSE ITURBIDE).	18b	13	4	C	1	9	117	291	96	203	129	SODICO-BICARBONATADO
GT0132	100.2100	21.0100	LA ESCONDIDITA 1 (SAN JOSE ITURBIDE).	19c	13	4	F	1	9	*****	*****	*****	*****	*****	NO DETERMINADO
GT0133	100.3500	20.0300	MANANTIAL EL ARBOL (ACAMBARD).	19c	15	4	F	1	8	*****	*****	*****	*****	*****	NO DETERMINADO
GT0134	100.2800	20.0300	BALNEARIO LAS CAZUELAS (JERACUARO).	18a	15	4	F	3	8	*****	*****	*****	*****	*****	SODICO-CLORURADOS
GT0135	100.2800	20.0300	BAMOS VIEJOS PUROAGUITA (JERACUARO).	19c	15	4	F	1	8	*****	*****	*****	*****	*****	NO DETERMINADO
GT0136	100.4900	20.2500	EL PIRUL (CORTAZAR).	19c	13	4	F	1	8	*****	*****	*****	*****	*****	NO DETERMINADO
GT0137	0.0000	0.0000	RANCHO IGNACIO HERNANDEZ (CELAYA).	18b	13	4	C	4	8	113	347	117	226	124	SODICO-BICARBONATADO
GT0138	0.0000	0.0000	POZO EL ALACRAN (CORTAZAR).	18b	13	4	B	1	8	80	218	110	186	103	SODICO-BICARBONATADO
GT0139	0.0000	0.0000	EL SAUZ DE VILLASEZOR (CELAYA).	19c	13	4	F	1	8	*****	*****	*****	*****	*****	NO DETERMINADO
GT0140	0.0000	0.0000	CAMINO A SAN JOSE EL NUEVO (CORTAZAR).	13b	13	4	F	1	8	95	339	111	222	116	SODICO-BICARBONATADO
GT0141	100.5700	20.3200	CARLOS RAMIREZ DE TAHAYO (CELAYA).	19c	13	4	F	1	9	*****	*****	*****	*****	*****	NO DETERMINADO
GT0142	100.3200	20.2900	SAN BARTOLOME DE LOS BAMOS (APASEO EL ALTO).	18b	15	4	C	3	9	132	82	155	141	176	SODICO-BICARBONATADO
GT0143	100.3200	20.3000	MARROQUIN 1 (APASEO EL ALTO).	18b	15	4	C	3	8	124	117	173	163	164	SODICO-BICARBONATADO
GT0144	100.3300	20.3000	MARROQUIN 2 (APASEO EL ALTO).	18b	15	4	C	3	8	125	124	139	158	176	SODICO-BICARBONATADO
GT0145	100.3200	20.3000	MARROQUIN 3 (APASEO EL ALTO).	18b	15	4	C	1	9	125	124	139	158	176	SODICO-BICARBONATADO
GT0146	100.3200	20.3000	LAGUNA EL SALITRE (APASEO EL ALTO).	18b	15	4	C	3	9	140	124	166	164	190	SODICO-BICARBONATADO
GT0147	0.0000	0.0000	SERGIO ONTIVEROS JAUREGUI (CELAYA).	18b	13	4	B	1	8	65	238	141	203	48	SODICO-BICARBONATADO
GT0148	0.0000	0.0000	RANCHO EL MOGOTE (EDMONFORD).	18b	13	4	B	1	8	77	220	96	181	90	SODICO-BICARBONATADO
GT0149	0.0000	0.0000	RANCHO EL VERGEL (JUVENTINO ROSAS).	19c	13	4	F	1	9	*****	*****	*****	*****	*****	NO DETERMINADO
GT0150	0.0000	0.0000	LA ALBERCA (JUVENTINO ROSAS).	19c	13	4	F	4	9	*****	*****	*****	*****	*****	NO DETERMINADO
GT0151	100.4800	20.3200	TERMOELECTRICA CELAYA POZO # 5 (CELAYA).	18b	13	4	B	1	9	80	314	98	210	110	SODICO-BICARBONATADO
GT0152	100.5500	20.3700	RANCHO LOS ANGELES (JUVENTINO ROSAS).	19c	13	4	F	1	9	*****	*****	*****	*****	*****	NO DETERMINADO
GT0153	100.5500	20.3700	RANCHO BIRD EYE (JUVENTINO ROSAS).	19c	13	4	F	1	9	*****	*****	*****	*****	*****	NO DETERMINADO
GT0154	101.0000	20.3400	EL CUERVO DE SAN ISIDRO (VILLAGEANI).	19c	13	4	F	1	9	*****	*****	*****	*****	*****	NO DETERMINADO
GT0155	101.0200	20.3200	EL CALIENTE (VILLAGRANI).	18b	13	4	B	1	9	80	231	112	191	136	SODICO-BICARBONATADO

MANIFESTACIONES TERMALES DE LA REPUBLICA MEXICANA  
(Torres-Rodriguez, 1989)

No. ANOM	LONG.	LATITUD	NOMBRE DEL CAMPO O MANIFESTACION (MUNICIPIO)	C O D I G O	G E O T E R M O M E T R O S					TIPO DE FLUIDO
					K-Mg	Na-K	NaKCa	NaKCa	SiO2	
							b=4/3	b=1/3		
GT0156	101.0000	20.3600	JOSE NIETO - SAN ANTONIO (VILLAGRAN).	18b 13 4 B 1 9	97	225	114	189	119	SODICO-BICARBONATADO
GT0157	101.0000	20.3600	AGUA POTABLE LOS ANGELES (VILLAGRAN).	18b 13 4 B 1 9	97	225	114	189	119	SODICO-BICARBONATADO
GT0158	101.0300	20.0600	POZO ATILANO (SANTIAGO MARAVATIO).	19c 13 4 F 1 9	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
GT0159	101.0300	20.0600	EL BAZO CHICO (SANTIAGO MARAVATIO).	19c 15 4 F 1 9	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
GT0160	101.0300	20.0600	EL BAZO DEL HUIZACHE (SANTIAGO MARAVATIO).	19c 15 4 F 1 9	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
GT0161	101.0300	20.0600	BALNEARIO LOS FRESNOS (SANTIAGO MARAVATIO).	19c 13 4 F 1 8	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
GT0162	101.1000	20.3300	TERMOELECTRICA POZO 2A (SALAMANCA).	19c 13 4 F 1 0	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
GT0163	101.1000	20.3300	TERMOELECTRICA POZO 3A (SALAMANCA).	19c 13 4 F 1 0	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
GT0164	101.1000	20.3300	TERMOELECTRICA POZO 6A (SALAMANCA).	19c 13 4 F 1 0	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
GT0165	101.1000	20.3300	TERMOELECTRICA POZO 7 (SALAMANCA).	19c 13 4 F 4 0	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
GT0166	101.1000	20.3300	TERMOELECTRICA POZO 14 (SALAMANCA).	19c 13 4 F 1 0	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
GT0167	101.1000	20.3300	TERMOELECTRICA POZO 15 (SALAMANCA).	19c 13 4 F 1 0	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
GT0168	101.1000	20.3300	TERMOELECTRICA POZO 16 (SALAMANCA).	19c 13 4 F 1 0	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
GT0169	101.1000	20.3300	TERMOELECTRICA POZO 20 (SALAMANCA).	19c 13 4 F 4 0	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
GT0170	101.1000	20.3300	TERMOELECTRICA POZO 21 (SALAMANCA).	19c 13 4 F 1 0	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
GT0171	0.0000	0.0000	MIGUEL RICO EL SAUZ (SAN FRANCISCO DEL RINCON).	19c 13 4 F 1 0	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
GT0172	0.0000	0.0000	BALNEARIO LOS TANQUES (PURISIMA DE BUSTOS).	19c 13 4 F 1 0	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
GT0173	0.0000	0.0000	LEQUETO 6 (SAN FELIPE).	19c 13 4 F 1 0	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
HGD001	0.0000	0.0000	POZO GEOTERMICO DE FATHE (TECOZAUTLA).	18b 13 4 C 4 8	147	161	****	****	66	SODICO-BICARBONATADO
HGD002	99.4000	20.3200	BALNEARIO 21 DE MARZO (TECOZAUTLA).	18c 13 4 A 1 8	48	204	37	151	31 19d	
HGD003	0.0000	0.0000	TAXIDO (TECOZAUTLA).	18b 15 4 B 1 8	69	725	56	258	80	SODICO-BICARBONATADO
HGD004	0.0000	0.0000	MANGUANI - RIO SAN JUAN (TECOZAUTLA).	19c 15 4 F 1 8	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
HGD005	0.0000	0.0000	AL N. DEL POR. DE MANGUANI (TECOZAUTLA).	19c 15 4 F 1 8	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
HGD006	0.0000	0.0000	POB. LA SALITRERA ARROYO LA HIGUERA (TECOZAUTLA).	18b 15 4 B 1 8	64	196	79	167	193	SODICO-BICARBONATADO
HGD007	99.3400	20.3300	EL BOSHI (TECOZAUTLA).	19c 15 4 F 1 8	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
HGD008	99.3400	20.3200	EL BOSHI (TECOZAUTLA).	18b 15 4 B 1 8	70	243	80	182	107	SODICO-BICARBONATADO

MANIFESTACIONES TERMALES DE LA REPUBLICA MEXICANA  
(Torres-Rodriguez, 1989)

No. ANDM	LONG.	LATITUD	NOMBRE DEL CAMPO O MANIFESTACION (MUNICIPIO)	C	D	D	I	G	G E O T E R M O M E T R O S					TIPO DE FLUIDO	
									K-Mg	Na-K	NaKCa	NaCa	SiO2		
HG0009	99.4000	20.3100	SOCIEDAD DEL VALLE (TECOZAUTLA).	18b	13	4	B	1	8	79	238	109	192	129	SODICO-BICARBONATADO
HG0010	99.3400	20.3000	SOCIEDAD TECOZAUTLA (TECOZAUTLA).	18b	13	4	B	1	8	71	248	86	186	134	SODICO-BICARBONATADO
HG0011	99.4100	20.3200	PROPIEDAD PABLO ROJO (TECOZAUTLA).	19c	13	4	F	1	8	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
HG0012	99.4100	20.3300	GRANJA CARLOS RESENDIZ (TECOZAUTLA).	18b	13	4	B	1	8	74	238	93	186	118	SODICO-BICARBONATADO
HG0013	0.0000	0.0000	GRANJA LOS PINOS (TECOZAUTLA).	18b	13	4	B	1	8	74	220	94	181	118	SODICO-BICARBONATADO
HG0014	0.0000	0.0000	POZO HACIENDA ROJO LUGO (TECOZAUTLA).	18b	13	4	B	1	8	72	232	90	183	118	SODICO-BICARBONATADO
HG0015	99.3400	20.2700	POZO DEL POBLADO LA SALITERA (TECOZAUTLA).	19c	13	4	F	1	8	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
HG0016	99.4000	20.2900	POBLADO PAJE (TECOZAUTLA).	19c	13	4	F	1	8	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
HG0017	99.3500	20.2500	RANCHO LIMACO (TECOZAUTLA).	19c	15	4	F	1	8	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
HG0018	0.0000	0.0000	POBLADO SAN MIGUEL CALTEPANTLA (TECOZAUTLA).	18b	15	4	B	1	8	74	238	92	186	266	SODICO-BICARBONATADO
HG0019	0.0000	0.0000	POBLADO SAN MIGUEL CALTEPANTLA (TECOZAUTLA).	19c	15	4	F	1	8	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
HG0020	0.0000	0.0000	BALNEARIO CHICHIMEQUILLAS (TECOZAUTLA).	18b	15	4	B	1	8	73	235	84	181	156	SODICO-BICARBONATADO
HG0021	99.3500	20.2900	ARROYO LAS JUNTAS (TECOZAUTLA).	19c	15	4	F	1	8	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
HG0022	99.3800	20.2600	LA CUEVA (TECOZAUTLA).	18b	15	4	B	1	8	73	232	84	180	118	SODICO-BICARBONATADO
HG0023	99.3800	20.2700	BALNEARIO PATHECITO (TECOZAUTLA).	18b	15	4	B	1	8	74	245	85	185	129	SODICO-BICARBONATADO
HG0024	99.3800	20.3000	BALNEARIO EL PARAISO (TECOZAUTLA).	18b	15	4	B	1	8	73	245	84	184	90	SODICO-BICARBONATADO
HG0025	0.0000	0.0000	MANANTIAL LOS SAUCES (TECOZAUTLA).	19c	15	4	F	1	8	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
HG0026	0.0000	0.0000	EJIDO TAGUI POZO SAN JOAQUIN (TECOZAUTLA).	19c	13	4	F	1	8	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
HG0027	0.0000	0.0000	EJIDO TAGUI - JUAN ROJO (TECOZAUTLA).	18b	13	4	B	1	8	71	228	83	179	107	SODICO-BICARBONATADO
HG0028	0.0000	0.0000	POZO AGUA POTABLE POBLACION TAGUI (TECOZAUTLA).	19c	13	4	F	1	8	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
HG0029	99.3700	20.2500	EJIDO TAGUI # 2 (HUICHAPAN).	18b	13	4	B	1	8	69	220	86	177	124	SODICO-BICARBONATADO
HG0030	0.0000	0.0000	AGUA POTABLE POBLADO JOZHE (TECOZAUTLA).	18b	13	4	B	1	8	73	244	90	187	124	SODICO-BICARBONATADO
HG0031	0.0000	0.0000	POZO DE RIEGO JOZHE (TECOZAUTLA).	18b	13	4	B	1	8	71	816	64	273	124	SODICO-BICARBONATADO
HG0032	0.0000	0.0000	POZO DEL LLANO (TECOZAUTLA).	19c	13	4	F	1	8	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
HG0033	0.0000	0.0000	RANCHO LOS ALVARADO (TECOZAUTLA).	18b	13	4	B	1	8	76	263	93	194	142	SODICO-BICARBONATADO
HG0034	0.0000	0.0000	SAN MIGUEL CALTEPANTLA (TECOZAUTLA).	18b	13	4	B	1	8	73	240	85	184	124	SODICO-BICARBONATADO
HG0035	0.0000	0.0000	RANCHO LOS REYES (TECOZAUTLA).	19c	13	4	F	1	8	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
HG0036	99.1200	20.2700	POBLADO DIOS PADRE (IXMIGUILPAN).	18b	15	4	B	1	9	47	135	61	137	117	SODICO-BICARBONATADO
HG0037	0.0000	0.0000	POBLADO BARRIDO # 1 (IXMIGUILPAN).	18b	15	4	B	1	8	72	245	101	191	99	SODICO-BICARBONATADO
HG0038	99.1100	20.2600	POBLADO BARRIDO # 2 (IXMIGUILPAN).	18b	15	4	B	1	8	67	216	93	179	118	SODICO-BICARBONATADO
HG0039	99.1200	20.2500	AGUA POTABLE (IXMIGUILPAN).	19c	15	4	F	1	9	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
HG0040	99.1000	20.2800	POBLADO HUNEBADES # 1 (IXMIGUILPAN).	18b	15	4	B	1	9	73	193	107	176	118	SODICO-BICARBONATADO

MANIFESTACIONES TERMALES DE LA REPUBLICA MEXICANA  
(Torres-Rodriguez, 1989)

No. ANOM	LONG.	LATITUD	NOMBRE DEL CAMPO O MANIFESTACION (MUNICIPIO)	C O D I G O	G E O T E R M O M E T R O S					TIPO DE FLUIDO
					K-Mg	Na-K	Na/Ka	Na/Ka	SiO2	
							b=4/3	b=1/3		
H60041	99.1100	20.2500	POBLADO HUMEDADES # 2 (IXMIGUILPAN).	19c 15 4 F 1 9	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
H60042	0.0000	0.0000	POBLADO NUEVO BALNEARIO (IXMIGUILPAN).	18b 15 4 B 1 5	90	337	133	230	124	SODICO-BICARBONATADO
H60043	99.1000	20.2800	POBLADO NUEVO BALNEARIO (IXMIGUILPAN).	18b 15 4 B 1 5	86	310	128	221	107	SODICO-BICARBONATADO
H60044	99.0900	20.2600	BALNEARIO EL TEPHE (IXMIGUILPAN).	18b 15 4 B 1 5	70	378	86	220	107	SODICO-BICARBONATADO
H60045	99.1000	20.2400	POBLACION MAGUEY BLANCO # 1 (IXMIGUILPAN).	18b 15 4 B 1 5	79	269	120	206	134	SODICO-BICARBONATADO
H60046	99.0900	20.2500	POBLACION MAGUEY BLANCO # 2 (IXMIGUILPAN).	18b 15 4 B 1 5	80	270	121	206	129	SODICO-BICARBONATADO
H60047	99.0900	20.2400	POBLADO MAGUEY BLANCO # 3 (IXMIGUILPAN).	18b 15 4 B 1 5	81	360	119	230	134	SODICO-BICARBONATADO
H60048	99.1800	20.3400	BALNEARIO TEZINDEJEH (TASQUILLO).	CAL 15 4 B 1 9	70	294	78	196	124	19d
H60049	99.1700	20.3300	RIO TULA - TEZINDEJEH (TASQUILLO).	CAL 15 4 B 1 9	69	300	74	196	125	19d
H60050	99.0100	20.3800	GRUTAS DE TOLANTONGO (IXMIGUILPAN).	18b 15 4 B 1 5	62	244	81	183	58	SODICO-BICARBONATADO
H60051	99.0000	20.3800	GRUTAS DE TOLANTONGO (IXMIGUILPAN).	CAL 15 4 B 1 5	66	271	77	189	164	19d
H60052	98.5500	20.4500	RIO TOLANTONGO (IXMIGUILPAN).	19c 15 4 F 1 5	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
H60053	98.5500	20.4200	RIO TOLANTONGO (IXMIGUILPAN).	19c 15 4 F 1 5	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
H60054	98.5500	20.3900	RIO TOLANTONGO (IXMIGUILPAN).	19c 15 4 F 1 5	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
H60055	99.2500	20.4500	POZO DE AGUA POTABLE ZIMAPAN (ZIMAPAN).	CAL 15 4 B 1 8	51	205	50	158	58	17d
H60056	99.2100	20.4500	3 KM AL E. DE ZIMAPAN (ZIMAPAN).	19c 15 4 F 1 8	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
H60057	99.0600	20.3300	AJACUBA - LA LUMBRERA (TULA DE ALLENDE).	18b 15 4 B 1 8	78	203	132	188	59	SODICO-BICARBONATADO
H60058	99.0500	20.0500	HANANTIAL AJACUBA (TULA DE ALLENDE).	18c 15 4 B 1 8	81	216	126	191	90	SODICO-SULFATADO
H60059	99.0800	20.0500	POB. AJACUBA POZO LA CARRETA (TULA DE ALLENDE).	19c 13 4 F 1 5	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
H60060	99.1700	20.1100	POB. TEZINTEPEC (TULA DE ALLENDE).	18e 15 4 B 1 9	58	199	75	166	90	CALCICO-SULFATADO
H60061	99.1500	20.1200	POB. TEZINTEPEC (TULA DE ALLENDE).	19c 15 4 F 1 9	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
H60062	99.1900	20.0300	BAL. LA CANTERA AL S DEL POB. EL LLANO (TULA).	CAL 15 4 B 1 9	71	232	100	187	5	19d
H60063	99.0800	20.0200	BAL. LA CANTERA AL S DEL POB. EL LLANO (TULA).	18e 15 4 B 1 5	68	299	89	202	58	CALCICO-SULFATADO
H60064	99.1300	20.0200	BALNEARIO VITHO (TULA DE ALLENDE).	18e 15 4 B 3 5	73	295	98	205	124	CALCICO-SULFATADO
H60065	99.1000	19.5900	BAZOS VITHO (TULA DE ALLENDE).	18e 15 4 B 3 5	74	277	108	204	107	CALCICO-SULFATADO
H60066	99.1200	19.5900	BAZOS VITHO (TULA DE ALLENDE).	18b 15 4 B 1 9	87	284	117	209	58	SODICO-BICARBONATADO
H60067	99.4200	20.2400	POZO AGUA POTABLE ZOTHE (HUICHAPAN).	18b 13 4 A 1 8	44	248	57	174	156	SODICO-BICARBONATADO
H60068	99.4300	20.2200	HUICHAPAN (HUICHAPAN).	19c 13 4 F 1 8	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
H60069	98.3200	20.5200	CALNALI - ATEMPA (CALNALI).	CAL 15 4 B 1 5	69	348	67	204	80	19d



MANIFESTACIONES TERMALES DE LA REPUBLICA MEXICANA  
(Torres-Rodriguez, 1989)

No. ANOM	LONG.	LATITUD	NOMBRE DEL CAMPO O MANIFESTACION (MUNICIPIO)	C O D I G O	G E O T E R M O M E T R O S					TIPO DE FLUIDO
					K-Mg	Na-K	Na/KCa	Na/KCa	SiO2	
					b=4/3 b=1/3					
HG0070	98.4200	20.1800	BALNEARIO STA. MA. AMAJAC (ATOTONILCO EL GRANDE)	18e 15 4 A 3 5	48	161	38	138	156	CALCICO-SULFATADO
HG0071	98.4300	20.2600	BAL. STA. MA. AMAJAC (ATOTONILCO EL GRANDE).	18e 15 4 A 3 5	27	70	15	92	107	CALCICO-SULFATADO
HG0072	98.4200	20.1800	BAL. STA. MA. AMAJAC (ATOTONILCO EL GRANDE).	18e 15 4 A 3 5	27	72	14	93	107	CALCICO-SULFATADO
HG0073	98.4400	20.1800	BAL. STA. MA. AMAJAC (ATOTONILCO EL GRANDE).	18e 15 4 A 3 5	27	72	14	93	100	CALCICO-SULFATADO
HG0074	98.4500	20.1900	POB. STA. MA. AMAJAC (ATOTONILCO EL GRANDE).	18e 15 4 B 1 5	53	206	45	156	90	CALCICO-SULFATADO
HG0075	98.4500	20.0000	EJIDO MATILDE POZO # 2 (PACHUCA).	19c 13 4 F 1 9	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
HG0076	98.4700	19.5000	EJIDO TELLEZ POZO # 6 (PACHUCA).	19c 13 4 F 1 9	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
JAL001	103.5600	22.3900	EL VALLECITO (HUEJUQUILLA EL ALTO)	18b 15 4 A 1 8	38	151	32	132	94	SODICO-BICARBONATADO
JAL002	103.5800	22.3700	ATOTONILCO (HUEJUQUILLA EL ALTO)	18b 15 4 B 1 8	68	91	47	114	78	SODICO-BICARBONATADO
JAL003	103.1100	22.2000	ATOTONILCO (HUEJUCAR)	18b 15 4 B 1 8	62	42	54	93	72	SODICO-BICARBONATADO
JAL004	103.1400	22.0900	AGUA CALIENTE (SANTA MARIA DE LOS ANGELES)	18b 15 4 B 1 8	94	56	82	108	89	SODICO-BICARBONATADO
JAL005	103.4000	22.0500	LA SALTIRERA (VILLA GUERRERO)	18b 15 4 B 1 8	90	15	43	75	112	SODICO-BICARBONATADO
JAL006	103.3900	22.0500	LOS CHIQUEROS (VILLA GUERRERO)	18b 15 4 C 1 8	103	28	31	78	112	SODICO-BICARBONATADO
JAL007	103.3400	22.0500	MEZQUITE GORDO (VILLA GUERRERO)	19c 15 4 F 1 8	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
JAL008	103.3000	22.0200	SAN PEDRO (TOTATICHÉ)	18b 15 4 B 1 8	78	6	49	71	102	SODICO-BICARBONATADO
JAL009	103.2900	22.0100	BARROTTIA (TOTATICHÉ)	18b 15 4 A 1 8	37	7	48	71	72	SODICO-BICARBONATADO
JAL010	103.2700	22.0500	AGUA CALIENTE (TOTATICHÉ)	18b 15 4 B 1 8	54	49	35	90	72	19a
JAL011	103.2200	22.0500	CASA LLANTA (COLOTLAN)	18b 15 4 B 1 8	60	85	46	111	89	SODICO-BICARBONATADO
JAL012	103.2100	22.0600	ATOTONILCO (TOTATICHÉ)	18b 15 4 B 1 8	62	73	66	112	72	SODICO-BICARBONATADO
JAL013	103.1800	22.0000	TULIMIC DE GUADALUPE (COLOTLAN)	18b 13 4 B 1 8	59	46	61	97	122	SODICO-BICARBONATADO
JAL014	103.4700	21.4500	AGUA CALIENTE (BOLAZOS)	18b 13 4 C 3 8	107	19	67	84	148	SODICO-BICARBONATADO
JAL015	103.4700	21.4800	SAN JOSE (BOLAZOS)	18b 15 4 A 1 8	50	66	48	103	85	SODICO-BICARBONATADO
JAL016	103.4700	21.5000	LOS NEGRITOS (BOLAZOS)	18b 15 4 B 1 8	60	64	59	105	99	SODICO-BICARBONATADO
JAL017	103.4300	21.4800	EL CHORRITO (BOLAZOS)	18b 15 4 A 1 8	48	35	49	68	72	SODICO-BICARBONATADO
JAL018	103.4300	21.4900	AGUA CALIENTE (BOLAZOS)	18b 15 4 A 1 8	43	34	49	87	90	SODICO-BICARBONATADO
JAL019	103.4300	21.4700	EL CAJON (BOLAZOS)	18b 15 4 A 1 8	46	34	44	85	72	SODICO-BICARBONATADO
JAL020	105.0600	20.4800	AGUA CALIENTE (PUERTO VALLARTA)	18b 15 4 B 3 0	91	104	105	137	115	SODICO-BICARBONATADO
JAL021	105.0600	20.4700	LA DESENBOCADA 1 (PUERTO VALLARTA)	19c 15 4 F 1 0	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
JAL022	105.0500	20.4100	LA DESENBOCADA 2 (PUERTO VALLARTA)	18b 15 4 B 1 0	58	83	61	115	107	SODICO-BICARBONATADO
JAL023	105.0200	20.5500	LA BARRERA (SAN SEBASTIAN)	18a 15 4 B 3 0	71	30	68	90	130	SODICO-CLORURADOS
JAL024	105.0000	20.5500	LAS LOMAS (SAN SEBASTIAN)	18a 15 4 B 1 0	57	6	43	69	108	SODICO-CLORURADOS
JAL025	104.5700	20.5200	SAN JUAN DE ARRIBA 1 (SAN SEBASTIAN)	18a 15 4 C 1 0	120	89	85	125	83	SODICO-CLORURADOS
JAL026	104.5600	20.5300	SAN JUAN DE ARRIBA 2 (SAN SEBASTIAN)	18c 15 4 C 3 0	111	65	60	122	85	SODICO-SULFATADO
JAL027	104.5500	20.5300	SAN JUAN ARRIBA 3 (SAN SEBASTIAN)	18c 15 4 B 1 0	99	42	105	107	90	SODICO-SULFATADO
JAL028	104.5200	20.3400	LOS TANQUES (MASCOTA)	18a 15 4 B 1 0	65	164	81	156	117	SODICO-CLORURADOS
JAL029	104.4900	20.3600	SANTA BARBARA (MASCOTA)	18b 15 4 B 1 0	54	262	49	176	96	SODICO-BICARBONATADO
JAL030	104.4000	20.5500	SANTA CRUZ CAMOTLAN (SAN SEBASTIAN)	18c 15 4 C 3 0	125	120	102	145	140	SODICO-SULFATADO





MANIFESTACIONES TERMALES DE LA REPUBLICA MEXICANA  
(Torres-Rodriguez, 1989)

No. ANOM	LONG.	LATITUD	NOMBRE DEL CAMPO O MANIFESTACION (MUNICIPIO)	C	D	D	I	G	D	G E O T E R M O M E T R O S					TIPO DE FLUIDO
										K-Mg	Na-K	Na/Ka	Na/Ka	SiO2	
										b=4/3	b=1/3				
JAL104	102.5500	20.5000	RANCHO LAS VENTANITAS (ACATIC).	19c	15	4	F	1	0	####	####	####	####	####	NO DETERMINADO
JAL105	102.5400	20.5700	LA CAMPANA (YAHUALICA).	19c	15	4	F	1	8	####	####	####	####	####	NO DETERMINADO
JAL106	102.5300	20.5800	ARROYO ATENGUILLO 1 (YAHUALICA).	19c	15	4	F	1	8	####	####	####	####	####	NO DETERMINADO
JAL107	102.5300	20.5900	ARROYO ATENGUILLO 2 (YAHUALICA).	19c	15	4	F	1	8	####	####	####	####	####	NO DETERMINADO
JAL108	102.5300	21.0000	ARROYO ATENGUILLO 3 (YAHUALICA).	19c	15	4	F	3	8	####	####	####	####	####	NO DETERMINADO
JAL109	102.5200	21.0100	EL FINDO - RIO VERDE (YAHUALICA).	19c	15	4	F	3	8	####	####	####	####	####	NO DETERMINADO
JAL110	102.5100	21.0100	LOS PIOJOS 2 - RIO VERDE (YAHUALICA).	19c	15	4	F	3	8	####	####	####	####	####	NO DETERMINADO
JAL111	102.4900	21.0000	LOS PIOJOS 2 - RIO VERDE (YAHUALICA).	19c	15	4	F	3	8	####	####	####	####	####	NO DETERMINADO
JAL112	102.5100	20.5900	LAS MORITAS (YAHUALICA).	19c	15	4	F	3	0	####	####	####	####	####	NO DETERMINADO
JAL113	102.5000	20.5800	LOS COLORADOS - RIO VERDE (YAHUALICA).	19c	15	4	F	1	0	####	####	####	####	####	NO DETERMINADO
JAL114	102.4800	20.4700	EL PUENTE - RIO VERDE (YAHUALICA).	19c	15	4	F	3	8	####	####	####	####	####	NO DETERMINADO
JAL115	102.4800	20.5900	LA CUITA (YAHUALICA).	19c	15	4	F	1	0	####	####	####	####	####	NO DETERMINADO
JAL116	102.4700	21.0000	SAN PEDRITO (YAHUALICA).	19c	15	4	F	1	0	####	####	####	####	####	NO DETERMINADO
JAL117	102.4900	20.5900	LAS CAZUELITAS (TEPATITLAN).	18b	15	4	B	3	0	85	63	68	108	92	SODICO-BICARBONATADO
JAL118	102.4500	20.5900	EL PUENTE 2 - RIO VERDE. (YAHUALICA).	19c	15	4	F	3	8	####	####	####	####	####	NO DETERMINADO
JAL119	102.4500	21.0000	BALNEARIO LAS FLORES (TEPATITLAN).	19c	15	4	F	3	0	####	####	####	####	####	NO DETERMINADO
JAL120	102.4400	20.5900	LOS RUSIOS - RIO VERDE (TEPATITLAN).	19c	15	4	F	1	0	####	####	####	####	####	NO DETERMINADO
JAL121	102.4300	20.5800	LA COLMENA 1 (VALLE DE GUADALUPE).	19c	15	1	F	1	0	####	####	####	####	####	NO DETERMINADO
JAL122	102.4400	21.0200	LA COLMENA 2 (VALLE DE GUADALUPE).	19c	15	4	F	3	0	####	####	####	####	####	NO DETERMINADO
JAL123	102.4200	21.0200	AGUA CALIENTE BUENA VISTA (VALLE DE GUADALUPE).	19c	15	4	F	1	0	####	####	####	####	####	NO DETERMINADO
JAL124	102.4800	21.0200	LAS TRUCHAS (VALLE DE GUADALUPE).	19c	15	4	F	1	0	####	####	####	####	####	NO DETERMINADO
JAL125	102.3500	21.0200	VALLE DE GUADALUPE (VALLE DE GUADALUPE).	19c	13	4	B	1	8	98	177	77	159	117	SODICO-SULFATADO
JAL126	102.3700	21.0400	RANCHO LA COLMENA 1 (VALLE DE GUADALUPE).	18b	13	4	B	1	8	87	165	85	158	97	SODICO-BICARBONATADO
JAL127	102.3800	21.0500	RANCHO LA COLMENA 2 (VALLE DE GUADALUPE).	19c	13	4	F	1	8	####	####	####	####	####	NO DETERMINADO
JAL128	102.4600	21.0600	PIEDRA BLANCA (VILLA OBREGON).	19c	15	4	F	1	8	####	####	####	####	####	NO DETERMINADO
JAL129	102.4700	21.0800	RANCHO LOS NUZES (YAHUALICA).	19c	15	4	F	1	9	####	####	####	####	####	NO DETERMINADO
JAL130	102.4500	21.1000	LOS CHARCOS - EL TORITO (MEXICACAN).	19c	15	4	F	1	9	####	####	####	####	####	NO DETERMINADO
JAL131	102.4400	21.1100	PALMAREJO (MEXICACAN).	18b	15	4	C	1	9	109	69	125	127	105	SODICO-BICARBONATADO
JAL132	102.4100	21.1100	RANCHO LA CANOA 1 (VILLA OBREGON).	19c	15	4	F	1	9	####	####	####	####	####	NO DETERMINADO
JAL133	102.4000	21.1200	RANCHO LA CANOA 2 (VILLA OBREGON).	19c	15	4	F	1	8	####	####	####	####	####	NO DETERMINADO
JAL134	102.4000	21.0700	TEMACAPULIN DE REYES 1 (VILLA OBREGON).	18b	15	4	C	1	8	114	75	109	126	102	SODICO-BICARBONATADO







MANIFESTACIONES TERMALES DE LA REPUBLICA MEXICANA  
(Torres-Rodriguez, 1989)

No. ANOM	LONG.	LATITUD	NOMBRE DEL CAMPO O MANIFESTACION (MUNICIPIO)	C	O	D	I	G	O	G E O T E R M O M E T R O S					TIPO DE FLUIDO
										K-Mg	Na-K	NaKCa	NaCa	SiO2	
										b=4/3	b=1/3				
JAL235	0.0000	0.0000	SAN ISIDRO MAZATEPEC 2 (ZAPOPAN).	19c	15	4	F	1	8	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
JAL236	0.0000	0.0000	SAN ISIDRO MAZATEPEC 3 (ZAPOPAN).	19c	15	4	F	1	8	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
JAL237	103.4000	20.3700	ARROYO EL PLATANAR 1 (ZAPOPAN).	19c	15	4	F	1	8	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
JAL238	103.3900	20.3600	ARROYO EL PLATANAR 2 (ZAPOPAN).	19c	15	4	F	1	8	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
JAL239	103.4000	20.3400	ARROYO EL PLATANAR 3 (ZAPOPAN).	19c	15	4	F	1	8	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
JAL240	103.4800	20.4000	TEUCHITLAN (TEUCHITLAN).	18b	15	4	B	1	8	87	214	148	197	142	SODICO-BICARBONATADO
JAL241	103.5300	20.3700	HERVORES DE LA VEGA 1 (AMECA).	18a	15	4	C	3	8	145	179	172	190	160	SODICO-CLORURADOS
JAL242	103.5300	20.3700	HERVORES DE LA VEGA 2 (AMECA).	18a	15	4	C	3	8	141	170	167	185	161	SODICO-CLORURADOS
JAL243	103.5300	20.3500	HERVORES DE LA VEGA 3 (AMECA).	18c	15	4	C	3	8	144	175	170	188	160	SODICO-SULFATADO
JAL244	103.5300	20.3300	HERVORES DE LA VEGA 4 (AMECA).	19c	15	4	F	3	8	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
JAL245	103.4900	20.3100	BALNEARIO BUENA VISTA 1 (SAN MARTIN HIDALGO).	18b	15	4	B	1	9	63	162	72	157	141	SODICO-BICARBONATADO
JAL246	103.4800	20.3000	BALNEARIO BUENA VISTA 2 (SAN MARTIN HIDALGO).	19c	15	4	F	1	0	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
JAL247	103.4500	20.3000	AGUA CALIENTE LA TOMA (S. MARTIN HIDALGO).	18b	15	4	B	1	0	82	290	109	208	139	SODICO-BICARBONATADO
JAL248	103.4500	20.2900	AGUA CALIENTE EL FILASTRON (S. MARTIN HIDALGO).	19c	15	4	F	1	0	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
JAL249	103.4500	20.2700	AGUA CALIENTE EL SACRIFICIO (S. MARTIN HGO.).	18c	15	4	B	1	0	85	255	113	199	145	SODICO-SULFATADO
JAL250	103.4300	20.3000	BASOS VARGAS (SAN MARTIN HIDALGO).	18c	15	4	B	1	0	93	218	121	190	140	SODICO-SULFATADO
JAL251	103.4500	20.2200	BALNEARIO EL COLOMO (VILLA CORONA).	18b	15	4	B	1	9	65	333	96	214	175	SODICO-BICARBONATADO
JAL252	103.4500	20.2000	EL POTRERO (VILLA CORONA).	CAL	13	4	B	1	9	58	357	74	210	122	198
JAL253	103.3800	20.1900	BALNEARIO PLAYA SOL (VILLA CORONA).	18b	13	4	B	1	9	69	236	114	193	125	SODICO-BICARBONATADO
JAL254	103.3900	20.2600	LAGUNA ATOTONILCO 1 (VILLA CORONA).	19c	15	4	F	1	9	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
JAL255	103.4000	20.2100	LAGUNA ATOTONILCO 2 (VILLA CORONA).	19c	15	4	F	1	9	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
JAL256	103.4100	20.2100	LAGUNA ATOTONILCO 3 (VILLA CORONA).	19c	15	4	F	1	9	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
JAL257	103.4000	20.2300	BALNEARIO EL TULAR (VILLA CORONA).	18b	15	4	B	1	9	71	252	107	196	131	SODICO-BICARBONATADO
JAL258	103.4100	20.2400	NW LAGUNA ATOTONILCO 1 (VILLA CORONA).	19c	15	4	F	1	9	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
JAL259	103.4200	20.2500	NW LAGUNA ATOTONILCO 2 (VILLA CORONA).	18b	13	4	B	1	0	75	273	120	207	125	SODICO-BICARBONATADO
JAL260	103.4100	20.2500	NW LAGUNA ATOTONILCO 3 (VILLA CORONA).	19c	13	4	F	1	9	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
JAL261	103.4000	20.2500	BALNEARIO AGUA CLIENTE (VILLA CORONA).	18b	13	4	B	1	9	74	299	106	209	134	SODICO-BICARBONATADO
JAL262	103.3900	20.2500	BALNEARIO CHIMILCO (VILLA CORONA).	18b	15	4	B	1	9	70	284	98	202	135	SODICO-BICARBONATADO
JAL263	103.3500	20.2600	ZOCALO VILLA CORONA (VILLA CORONA).	18b	13	4	B	1	9	76	311	105	212	141	SODICO-BICARBONATADO
JAL264	103.3900	20.2400	BALNEARIO LAS TERMAS. (VILLA CORONA).	18b	13	4	B	1	9	61	232	91	183	137	SODICO-BICARBONATADO







MANIFESTACIONES TERMALES DE LA REPUBLICA MEXICANA  
(Torres-Rodriguez, 1989)

No. ANOM	LONG.	LATITUD	HOMBRE DEL CAMPO O MANIFESTACION (MUNICIPIO)	C	D	I	G	O	G E O T E R M O M E T R O S					TIPO DE FLUIDO	
									K-Mg	Na-K	Na/KCa	Na/KCa	SiO2		
									b=4/3	b=1/3					
JAL333	102.3900	19.1400	TAZUMBO # 201 (JILOTLAN DE LOS DOLORES).	19c	13	4	F	1	8	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
JAL334	102.4000	19.1500	4 Km AL SUR DE TAZUMBO (JILOTLAN DE LOS DOLORES)	19c	13	4	F	1	8	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
JAL335	102.4100	19.1400	JUAN DIEGO # 186 (JILOTLAN DE LOS DOLORES).	19c	13	4	F	1	8	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
JAL336	102.4100	19.1300	JUAN DIEGO # 187 (JILOTLAN DE LOS DOLORES).	18b	13	4	A	1	8	29	115	31	118	119	SODICO-BICARBONATADO
JAL337	102.4200	19.1500	EL CHISGUETE # 188 (JILOTLAN DE LOS DOLORES).	19c	13	4	F	1	8	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
JAL338	102.4200	19.1300	EL CHISGUETE # 189 (JILOTLAN DE LOS DOLORES).	19c	13	4	F	1	8	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
JAL339	102.4000	19.1600	CHILATAN NUEVO # 196 (JILOTLAN DE LOS DOLORES).	19c	13	4	F	1	8	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
JAL340	102.4100	19.2200	CHILATAN NUEVO # 195 (JILOTLAN DE LOS DOLORES).	19c	13	4	F	1	8	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
JAL341	102.4100	19.1800	CHILATAN NUEVO # 194 (JILOTLAN DE LOS DOLORES).	19c	13	4	F	1	8	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
JAL342	102.4200	19.2200	CHILATAN NUEVO # 193 (JILOTLAN DE LOS DOLORES).	19c	13	4	F	1	8	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
JAL343	102.4000	19.1000	CHILATAN NUEVO # 192 (JILOTLAN DE LOS DOLORES).	18b	13	4	A	1	8	42	96	40	113	111	SODICO-BICARBONATADO
JAL344	102.4600	19.1500	A. C. EL RANCHITO 1 (JILOTLAN DE LOS DOLORES).	19c	15	4	F	1	7	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
JAL345	102.4600	19.1600	A. C. EL RANCHITO 2 (JILOTLAN DE LOS DOLORES).	18a	15	4	C	3	7	137	53	71	103	68	SODICO-CLORURADOS
JAL346	102.4600	19.1900	RANCHO TACHINOLA 1 (JILOTLAN DE LOS DOLORES).	19c	15	4	F	1	0	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
JAL347	102.4600	19.2000	RANCHO TACHINOLA 2 (JILOTLAN DE LOS DOLORES).	19c	15	4	F	1	0	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
JAL348	102.4500	19.2400	BARRANCA LA COLMENA 1 (JILOTLAN DE LOS DOLORES)	18c	15	4	B	3	0	76	19	22	70	73	SODICO-SULFATADO
JAL349	102.4600	19.2200	BARRANCA LA COLMENA 2 (JILOTLAN DE LOS DOLORES)	19c	15	4	F	3	0	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
JAL350	103.0200	19.2600	CORONORITOS-RIO JILOTLAN 1 (J. DE LOS DOLORES)	18a	15	4	C	3	7	117	55	55	105	94	SODICO-CLORURADOS
JAL351	103.0100	19.2600	CORONORITOS - RIO JILOTLAN 2 (J. D. L. DOLORES)	19c	15	4	F	3	7	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
JAL352	103.0000	19.2500	CORONORITOS-RIO JILOTLAN 3 (J. D. L. DOLORES).	19c	15	4	F	3	7	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
JAL353	103.0100	19.2500	CORONORITOS-RIO JILOTLAN 4 (JILOTLAN D L D).	19c	15	4	F	3	7	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
JAL354	103.0200	19.2500	CORONORITOS-RIO JILOTLAN 5 (JILOTLAN D L D).	18a	15	4	C	1	7	129	53	59	100	73	SODICO-CLORURADOS
JAL355	102.5800	19.2200	RIO LA HUERTA-EL PASTE 1 (JILOTLAN D L D).	19c	15	4	F	1	7	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
JAL356	102.5700	19.2200	RIO LA HUERTA- EL PASTE 2 (JILOTLAN D L D).	18c	15	4	C	1	7	101	70	55	107	111	SODICO-SULFATADO

MANIFESTACIONES TERMALES DE LA REPUBLICA MEXICANA  
(Torres-Rodriguez, 1989)

No. ARDM	LONG.	LATITUD	NOMBRE DEL CAMPO O MANIFESTACION (MUNICIPIO)	C	D	D	I	G	O	G E O T E R M O M E T R O S					TIPO DE FLUIDO
										K-Mg	Na-K	NaKCa	NaKCa	SiO2	
											b=4/3	b=1/3			
JAL357	102.5600	19.2200	RIO LA HUERTA-EL PASTE 3 (JILOTLAN D L D).	19c	15	4	F	3	7	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
JAL358	102.5800	19.2100	RIO LA HUERTA-EL PASTE 4 (JILOTLAN DE L. D.).	18c	15	4	C	3	7	110	71	53	107	100	SODICO-SULFATADO
JAL359	102.5600	19.2100	RIO LA HUERTA-EL PASTE 5 (JILOTLAN DE LOS D.)	19c	15	4	F	3	7	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
JAL360	102.5700	19.1500	RIO OTATES-SAN FCO. (JILOTLAN DE LOS DOLORES).	10e	15	4	B	1	7	99	38	14	77	83	CALCICO-SULFATADO
JAL361	102.5700	19.0800	EL CASCALOTE (TECALITLAN).	18e	15	4	C	1	6	147	47	54	95	68	CALCICO-SULFATADO
JAL362	103.0000	19.0900	EL PAPELLON (TECALITLAN).	18e	15	4	B	1	6	83	23	24	73	83	CALCICO-SULFATADO
JAL363	103.1100	19.0200	EL CARRIZO (TECALITLAN).	18e	15	4	A	1	6	43	28	7	70	68	CALCICO-SULFATADO
JAL364	103.2100	18.5800	RIO EL CAJON - EL SALITRE (PIHUAMO).	19c	15	4	F	1	6	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
JAL365	103.1800	19.1500	ARROYO AGUA CALIENTE (PIHUAMO).	19c	15	4	F	1	0	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
JAL366	103.2000	19.1700	ARROYO DE SERPIENTE SAN JUAN DEL TULE (PIHUAMO)	19c	15	4	F	1	0	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
JAL367	103.2100	19.2000	3 Km AL N. DE SAN JUAN DEL TULE (PIHUAMO).	19c	15	4	F	1	0	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
JAL368	103.2900	19.1000	RIO NARANJO (PIHUAMO).	15c	15	4	F	1	8	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
JAL369	104.0100	20.0100	AGUA CALIENTE 1 (JUCHITAN).	19c	15	4	F	1	0	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
JAL370	104.0200	20.0100	AGUA CALIENTE 2 (JUCHITAN).	19c	15	4	F	1	0	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
JAL371	104.0300	20.0100	AGUA CALIENTE 3 (JUCHITAN).	18e	15	4	B	1	0	87	90	52	115	120	CALCICO-SULFATADO
JAL372	104.1000	19.4800	EL LIMON (EL LIMON).	18e	15	4	B	1	6	57	105	58	124	95	CALCICO-SULFATADO
JAL373	104.2400	20.0200	RANCHO AGUA CALIENTE 1 (AYUTLA).	18e	15	4	B	3	0	53	63	17	90	92	CALCICO-SULFATADO
JAL374	104.2500	20.0200	RANCHO AGUA CALIENTE 2 (AYUTLA).	18e	15	4	A	3	0	43	57	15	87	91	CALCICO-SULFATADO
JAL375	104.2600	20.0300	RIO SAN ANTONIO (AYUTLA).	19c	15	4	F	1	0	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
JAL376	104.2800	20.0500	RANCHO EL GUAMUCHIL (AYUTLA).	18e	15	4	B	1	0	50	47	15	82	224	CALCICO-SULFATADO
JAL377	104.3200	20.2800	LOS GUAJES 1 (ATENSUILLO).	19c	15	4	F	1	0	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
JAL378	104.3400	20.2800	LOS GUAJES 2 (ATENSUILLO).	19c	15	4	F	1	0	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
JAL379	104.3500	20.2800	LOS GUAJES 3 (ATENSUILLO).	18e	15	4	A	1	0	46	44	-5	72	99	CALCICO-SULFATADO
JAL380	105.2400	20.2200	AGUA CALIENTE (EL TUITO).	18b	15	4	A	1	7	46	15	38	73	99	SODICO-BICARBONATADO
JAL381	105.2900	20.1500	TLALPUYEUQUE (EL TUITO).	18b	15	4	B	1	7	100	47	135	96	SODICO-BICARBONATADO	
JAL382	105.2000	20.1300	EL RASTROJO (EL TUITO).	19c	15	4	F	1	7	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
JAL383	105.2200	20.1200	EL PAULO (EL TUITO).	18b	15	4	B	1	7	62	38	53	92	96	SODICO-BICARBONATADO
JAL384	105.3200	20.0800	LAGUNA BERNEJO (EL TUITO).	19c	15	4	F	1	7	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
JAL385	105.0800	19.5800	AGUA CALIENTE CAJON DE PEZA (TOMATLAN).	18a	15	4	B	1	7	73	190	61	157	133	SODICO-CLORURADOS
JAL386	104.4700	20.1500	SOYATLAN (ALFA DE ALLENDE).	18c	15	4	B	1	7	82	145	56	139	116	SODICO-SULFATADO
JAL387	104.4900	19.5800	AGUA CALIENTE LLANO GRANDE (TOMATLAN).	18e	15	4	C	1	7	125	164	71	152	119	CALCICO-SULFATADO
JAL388	104.5200	19.2000	AGUA CALIENTE (LA HUERTA).	18a	15	4	C	3	0	157	120	125	152	96	SODICO-CLORURADOS
JAL389	104.3600	19.3000	ARROYO APANCO (LA HUERTA).	18e	15	4	B	3	9	84	47	31	88	105	CALCICO-SULFATADO
JAL390	104.3300	19.3100	EL ALTILTE (LA HUERTA).	18c	15	4	B	1	9	58	55	32	92	72	SODICO-SULFATADO
JAL391	104.2200	19.2500	AGUA CALIENTE CUAUTITLAN (CUAUTITLAN).	18c	15	4	B	1	7	55	83	40	108	87	SODICO-SULFATADO
JAL042	103.5200	20.5600	LOS BORBOLLONES - EL ORITO 1 (TEQUILA).	19c	15	4	F	3	0	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
MICH001	102.1835	20.0420	EL LLANO (ZAMORA)	18b	3	4	B	1	8	67	262	93	193	135	SODICO-BICARBONATADO



MANIFESTACIONES TERMALES DE LA REPUBLICA MEXICANA  
(Torres-Rodriguez, 1989)

No. ANOM	LONG.	LATITUD	NOMBRE DEL CAMPO O MANIFESTACION (MUNICIPIO)	C O D I G O	G E O T E R M O M E T R O S					TIPO DE FLUIDO
					K-Mg	Na-K	Na/KCa	Na/KCa	SiO2 b=4/3 b=1/3	
MICH049	101.2700	18.5200	EL BAZO AGUA CALIENTE (TUSCATO)	19c 15 4 F 1 8	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
MICH050	101.3700	20.0200	UREQUIO (PARUANQUIRO)	19c 15 4 F 1 8	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
MICH051	101.3700	20.0100	EL GRANJENAL (PURUANQUIRO)	19c 13 4 F 1 8	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
MICH052	102.1400	20.1600	LA ALBERCA (YURECUARO)	19c 15 4 F 1 9	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
MICH053	102.1700	20.1700	EL TEQUEQUITE (YURECUARO)	19c 13 4 F 1 9	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
MICH054	0.0000	0.0000	POZO VERDE (YURECUARO)	19c 13 4 F 1 9	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
MICH055	0.0000	0.0000	POZO TERNAL (YURECUARO)	19c 13 4 F 1 9	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
MICH056	100.5100	19.3100	CHAPATUATO (TZITZIO)	18c 15 4 F 1 0	****	****	****	****	****	19c
MICH057	100.0600	20.0000	SAN JOSE IXTAPA (CONTEPEC)	19c 13 4 F 1 8	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
MICH058	100.5000	19.5000	ATZIMBA (ZINAPECUARO)	18b 15 4 B 1 8	58	343	82	210	143	SODICO-BICARBONATADO
MICH059	100.0700	19.5200	TEPETONGO (CONTEPEC)	19c 15 4 F 1 7	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
MICH060	101.0500	19.5800	SAN JOSE DEL PULQUE (QUITZEO)	18c 15 4 C 3 8	122	80	108	128	193	SODICO-SULFATADO
MICH061	101.0900	19.5300	SAN AGUSTIN DEL MAIZ	18c 15 4 C 3 8	139	123	179	167	196	SODICO-SULFATADO
MICH062	101.1700	19.5800	BAZOS HUANDACAREO (HUANDACAREO)	18b 13 4 B 1 8	53	32	33	81	93	SODICO-BICARBONATADO
MICH063	101.1900	19.5600	SAN SEBASTIAN HERVILEROS (CHUCANDIRO)	18b 15 4 B 3 8	89	26	62	87	137	SODICO-BICARBONATADO
MICH064	101.1900	19.5600	EL BAZO (CHUCANDIRO)	18b 15 4 C 1 8	109	64	40	99	137	SODICO-BICARBONATADO
MICH065	101.0700	19.5800	HUINGO LA MINA (QUITZEO)	19c 15 4 F 1 8	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
MICH066	101.0800	19.5600	SAN JUAN TARAMEO (QUITZEO)	18c 15 4 C 3 8	149	104	319	185	201	SODICO-SULFATADO
MICH067	100.4900	19.5300	ZIMARAO ARARO (ZINAPECUARO)	18a 15 4 C 3 8	163	145	198	182	231	SODICO-CLORURADOS
MICH068	102.3700	19.0200	LOS NEGRITOS (SAHUAYO)	18a 17 4 C 4 9	139	203	138	190	207	SODICO-CLORURADOS
MICH069	102.2300	20.0900	IXTLAN DE LOS HERVORES IXTLAN DE LOS HERVORES	18a 3 4 C 4 8	108	152	173	179	211	SODICO-CLORURADOS
MICH070	100.5400	19.5500	ESTACION GUERENDARO (GUERENDARO)	18c 3 4 C 4 8	129	96	87	129	185	SODICO-SULFATADO
MICH071	100.2600	19.4600	LOS AZUFRES (CD. HIDALGO)	19c 15 4 F 4 8	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
MICH023	100.3000	19.2600	AGUA BLANCA (JUNGAPED)	18b 3 4 B 1 9	60	195	98	174	66	SODICO-BICARBONATADO
MOR001	98.5000	18.3800	ATOTOMILCO LAS TERMAS (PEPALCINGO)	18e 15 4 A 1 5	35	165	28	135	111	CALCICO-SULFATADO
MOR002	98.4400	18.3400	MANANTIALES DE IXTATLALA (TEPALCINGO)	19c 15 4 F 3 8	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
NAY001	105.2100	22.4400	AGUA CALIENTE QUIVIVIENT (HUAJICORRI).	18b 15 4 A 1 8	45	45	3	76	116	SODICO-BICARBONATADO
NAY002	105.1700	22.3800	AGUA CALIENTE ZAPOTILLO (HUAJICORRI).	18b 15 4 C 3 8	111	92	89	128	116	SODICO-BICARBONATADO
NAY003	105.1700	22.3800	AGUA CALIENTE CARANOTA (HUAJICORRI).	18b 15 4 B 3 0	76	51	58	99	107	SODICO-BICARBONATADO
NAY004	105.1700	22.2800	LA PILA (ACAPONETA).	18b 15 4 B 1 0	67	70	50	105	111	SODICO-BICARBONATADO
NAY005	105.1600	22.3000	EL CHICO (ACAPONETA).	18b 15 4 C 3 0	107	80	77	119	121	SODICO-BICARBONATADO
NAY006	105.1800	22.4800	CUCHARAS (HUAJICORRI).	18b 15 4 B 1 8	100	388	109	233	96	SODICO-BICARBONATADO
NAY007	105.2700	22.3700	EL GUAYABO (ACAPONETA).	18b 15 4 C 1 8	117	225	149	201	111	SODICO-BICARBONATADO
NAY008	105.1500	22.2000	SAN MIGUEL (ACAPONETA).	18c 15 4 B 3 8	99	118	91	141	140	SODICO-SULFATADO
NAY009	105.1000	22.0700	ROSAMORADA (ROSAMORADA).	18e 15 4 B 1 8	80	97	73	125	93	CALCICO-SULFATADO
NAY010	105.2200	22.0800	EL PESCADERO (ROSAMORADA).	18a 15 4 C 3 9	147	100	93	133	130	SODICO-CLORURADOS
NAY011	105.1400	22.0500	SOMATLAN (ROSAMORADA).	18b 15 4 B 1 8	75	188	46	150	147	SODICO-BICARBONATADO
NAY012	105.0500	22.2400	SAN MARCOS - CUYUTALAN (ROSAMORADA).	18c 15 4 C 1 9	128	121	100	145	148	SODICO-SULFATADO
NAY013	105.0800	22.0200	XOLA (ROSAMORADA).	18c 15 4 C 3 8	124	108	96	138	131	SODICO-SULFATADO
NAY014	105.0300	22.0000	AGUA CALIENTE - SAN DIEGO (ROSAMORADA).	18c 15 4 C 1 0	117	127	103	148	146	SODICO-SULFATADO

MANIFESTACIONES TERMALES DE LA REPUBLICA MEXICANA  
(Torres-Rodriguez, 1989)

No. ANOM	LONG.	LATITUD	NOMBRE DEL CAMPO O MANIFESTACION (MUNICIPIO)	C O D I G O			G E O T E R M O M E T R O S					TIPO DE FLUIDO			
							K-Mg	Na-K	NaKCa	NaKCa	SiO2		b=4/3	b=1/3	
NAY015	105.0900	22.5400	RUIZ (RUIZ).	18c	15	4	B	1	8	76	95	68	123	106	SODICO-SULFATADO
NAY016	104.5100	21.3300	AGUA CALIENTE FRANCISCO I. MADERO I (TEPIC).	18b	15	4	B	1	8	67	275	90	196	143	SODICO-BICARBONATADO
NAY017	104.4900	21.3000	AGUA CALIENTE FRANCISCO I. MADERO 2 (TEPIC).	18b	15	4	B	1	8	66	272	90	195	143	SODICO-BICARBONATADO
NAY018	104.5200	21.3300	EL SAPO (TEPIC).	18b	15	4	B	1	8	64	261	87	191	135	SODICO-BICARBONATADO
NAY019	105.0100	22.2100	EL XINACATE (ACAPONETA).	18b	15	4	B	3	8	71	96	57	119	123	SODICO-BICARBONATADO
NAY020	104.5500	22.0200	SAN PEDRO IXCATAN (RUIZ).	18b	15	4	C	3	0	102	110	104	141	129	SODICO-BICARBONATADO
NAY021	104.5900	22.1200	ROSARIO VIEJO (RUIZ).	18c	15	4	B	3	0	77	139	68	142	130	SODICO-SULFATADO
NAY022	104.5700	22.0500	EL CAJONERO (RUIZ).	18c	15	4	B	3	8	82	134	48	132	126	SODICO-SULFATADO
NAY023	105.1100	21.2900	LOS TEPETATES (ATICAMA).	18a	15	4	B	3	9	89	219	113	187	127	SODICO-CLORURADOS
NAY024	105.1000	21.2900	LA PALMA (ATICAMA).	18a	15	4	C	3	9	131	185	193	198	160	SODICO-CLORURADOS
NAY025	104.5900	21.3400	TRAPICHILLO (TEPIC).	18b	15	4	B	1	8	84	271	132	211	135	SODICO-BICARBONATADO
NAY026	104.5800	21.3500	AGUANILOYAN (NAYAR).	18b	15	4	C	3	0	107	104	83	132	129	SODICO-BICARBONATADO
NAY027	104.4500	21.5100	EL JINITO (NAYAR).	18b	15	4	C	3	0	118	107	99	138	130	SODICO-BICARBONATADO
NAY028	105.0200	21.1400	HERVIDEROS EL MOLOTE (COMPOSTELA).	18a	3	4	B	4	0	99	104	115	141	132	SODICO-CLORURADOS
NAY029	105.0100	21.1300	EL CHICO MOLOTE (COMPOSTELA).	18b	15	4	B	3	0	77	103	115	141	130	SODICO-BICARBONATADO
NAY030	105.0000	21.1300	LOS HERVIDEROS EL MOLOTE II (COMPOSTELA).	18a	3	4	B	4	0	79	106	115	143	132	SODICO-CLORURADOS
NAY031	104.4100	21.1100	LAS GUASIMAS (COMPOSTELA).	18b	15	4	B	1	8	77	262	108	199	138	SODICO-BICARBONATADO
NAY032	104.4200	21.0400	EL CONDE (SAN PEDRO LAGUNILLAS).	18b	15	4	B	1	8	75	260	117	202	159	SODICO-BICARBONATADO
NAY033	104.3900	21.0700	VALLE VERDE (AHUACATLAN).	18b	15	4	B	1	8	66	235	100	188	158	SODICO-BICARBONATADO
NAY034	105.0200	21.1000	JAMURCA (COMPOSTELA).	18b	15	4	B	3	8	84	86	107	131	109	SODICO-BICARBONATADO
NAY035	104.4000	21.2800	EL SALADO (SANTA MARIA DEL ORO).	18b	15	4	B	1	8	98	221	124	192	147	SODICO-BICARBONATADO
NAY036	105.1100	20.4700	VALLE DE BANDERAS DEKALB (COMPOSTELA).	18b	15	4	A	3	9	49	74	53	108	111	SODICO-BICARBONATADO
NAY037	104.1800	21.0100	EL TERRERO (IITLAN).	18b	15	4	B	1	8	55	286	60	186	108	SODICO-BICARBONATADO
NAY038	104.4000	21.1800	LA SALINDA (SANTA MARIA DEL ORO).	18b	15	4	B	1	8	87	349	96	218	129	SODICO-BICARBONATADO
NAY039	104.2700	21.2500	EMBARCADERO DE NEPA (SANTA MARIA DEL ORO).	18b	15	4	B	3	8	65	57	65	104	103	SODICO-BICARBONATADO
NAY040	104.3900	21.1200	OCOTILLO (SAN PEDRO LAGUNILLAS).	18b	15	4	B	1	8	60	248	70	180	136	SODICO-BICARBONATADO
NAY041	105.0300	21.3400	PINTADEJO (SAN BLAS).	18b	15	4	B	1	8	59	404	69	218	324	SODICO-BICARBONATADO
NAY042	104.3700	21.4000	AGUA CALIENTE NOVILLERO (TEPIC).	18b	15	4	B	3	8	99	103	103	136	130	SODICO-BICARBONATADO
NAY043	104.4200	21.4800	LOS NOPALITOS. (TEPIC).	18b	15	4	C	3	8	106	108	115	144	134	SODICO-BICARBONATADO
NAY044	104.2000	21.4400	EL GUAYABO HUAJIMIC (EL NAYAR).	18b	15	4	A	1	8	45	287	41	176	119	SODICO-BICARBONATADO
NAY045	104.1500	21.4400	EL TERRERO HUAJIMIC (EL NAYAR).	18b	15	4	B	1	8	75	60	13	87	100	SODICO-BICARBONATADO
NAY046	104.3800	21.2900	LAS HUERTITAS (SANTA MARIA DEL ORO).	18b	15	4	B	1	8	52	267	61	181	130	SODICO-BICARBONATADO
NAY047	104.5800	20.5700	EL CACAO (COMPOSTELA).	18a	15	4	C	1	8	116	79	112	128	117	SODICO-CLORURADOS
NAY048	104.1900	20.4900	SAN BLASIO (AMATLAN DE CAZAS).	18b	15	4	B	3	8	55	51	54	97	121	SODICO-BICARBONATADO
NAY049	104.2300	20.4800	AMATLAN (AMATLAN DE CAZAS).	18c	15	4	C	3	7	105	121	86	140	119	SODICO-SULFATADO
NAY050	104.3900	21.0800	EL COCO II (SAN PEDRO LAGUNILLAS).	18b	15	4	B	1	8	56	189	84	166	171	SODICO-BICARBONATADO
NAY051	104.3800	21.0700	AGUA CALIENTE TETITLAN (SAN PEDRO LAGUNILLAS).	18a	15	4	B	3	8	73	229	121	193	165	SODICO-CLORURADOS
NAY052	104.0600	21.1200	AGUA CALIENTE - EL TAJO (LA YESCA).	18b	15	4	B	3	8	63	82	67	117	103	SODICO-BICARBONATADO

MANIFESTACIONES TERMALES DE LA REPUBLICA MEXICANA  
(Torres-Rodríguez, 1989)

No. ANOM	LONG.	LATITUD	NOMBRE DEL CAMPO O MANIFESTACION (MUNICIPIO)	C	D	I	G	O	GEOTERMOMETROS					TIPO DE FLUIDO	
									K-Mg	Na-K	Na/KCa	Na/Ca	SiO2		
									b=4/3	b=1/3					
NAY053	104.3000	21.0500	VOLCAN CEBORUCO 1 (JALA).	19c	0	6	F	6	8	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
NAY054	104.3000	21.0800	VOLCAN CEBORUCO 2 (JALA).	19c	0	6	F	6	8	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
NAY055	104.2900	21.0800	VOLCAN CEBORUCO 3 (JALA).	19c	0	6	F	6	8	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
NAY056	106.3200	21.3400	ISLAS MARIAS (ISLAS MARIAS).	19c	15	4	F	1	0	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
NL001	99.1400	24.5300	CIENEGA - CERRO PRIETO (LINARES)	19c	15	8	F	1	5	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
NL002	99.1900	24.4900	BAZOS SAN IGNACIO (LINARES)	19c	15	8	F	1	5	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
NL003	100.0500	25.2800	POBLADO CAÑELOS - EL BAXITO (VILLA SANTIAGO)	19c	15	8	F	1	5	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
NL004	100.5100	26.2700	LAS ESTACAS (MINA)	19c	13	8	F	1	5	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
NL005	100.5400	26.2100	POZO POPA (MINA)	19c	13	8	F	1	5	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
NL006	100.5100	26.1800	POZO POPA-F (MINA)	19c	13	8	F	1	5	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
OAX001	99.5500	16.5600	AGUA CALIENTE LA MATA (JUCHITAN)	18a	15	8	C	1	0	104	172	137	178	117	SODICO-CLORURADOS
OAX002	95.2600	16.2400	JALAPA DEL MARQUEZ (TEHUANTEPEC)	18a	15	8	F	1	0	74	130	105	150	94	SODICO-CLORURADOS
OAX003	96.0500	16.2800	SAN FRANCISCO EUICHINA (YAUTEPEC)	19b	15	8	A	1	0	36	126	17	116	53	BICARBONATADO
OAX004	94.5800	16.3800	AGUA CALIENTE MISANDA (JUCHITAN)	18a	15	8	B	1	0	93	158	109	163	82	SODICO-CLORURADOS
OAX005	94.5800	16.3800	AGUA CALIENTE LA MEVA (JUCHITAN)	18a	15	8	B	1	0	88	154	209	189	82	SODICO-CLORURADOS
OAX006	95.3100	16.3600	AGUA CALIENTE LA MASALENA (TEHUANTEPEC)	19b	15	8	B	1	0	52	126	69	136	82	BICARBONATADO
OAX007	96.2700	18.2800	LA PALMA (TETELA)	18e	13	4	A	1	5	41	358	29	187	268	CALCICO-SULFATADO
OAX008	97.1400	16.0000	MANIALTEPEC (MANIALTEPEC).	18c	15	8	A	1	0	47	21	38	76	93	SODICO-SULFATADO
OAX009	97.4600	16.6900	ATOTONILCO (SANTIAGO JAMILTEPEC).	16a	15	2	B	1	0	78	49	38	91	78	SODICO-CLORURADOS
OAX010	97.4200	16.1300	LA SOLEDAD (SANTIAGO-JAMILTEPEC).	18c	15	2	B	1	0	53	82	-3	89	71	SODICO-SULFATADO
OAX011	98.1700	16.2500	LAGUNILLAS (PINOTEPA NACIONAL).	18c	15	2	B	1	0	55	69	39	101	91	SODICO-SULFATADO
OAX012	98.0200	16.4600	ATOTONILCO (ZACATEPEC).	18c	15	2	B	3	0	91	33	35	82	65	SODICO-SULFATADO
PUE001	98.3100	18.3000	BAZOS SAN CARLOS (ATEZOLA).	18e	15	4	A	1	5	46	205	37	152	117	CALCICO-SULFATADO
PUE002	98.3400	18.3100	BAZOS DE IXTACLALA (CHIETLA).	19c	15	4	B	1	9	55	92	64	120	111	SODICO-SULFATADO
PUE003	98.2745	19.2220	BAZOS TERMALES DE ATOTONILCO (HUEHUETLAN).	18c	15	4	A	1	9	44	130	51	132	123	SODICO-SULFATADO
PUE004	98.0200	19.5020	B. T. CHIGNAHUAPAN (CHIGNAHUAPAN).	18b	15	4	B	3	5	58	201	66	171	93	SODICO-BICARBONATADO
PUE005	98.0340	18.4235	BAZOS QUETZALAPA (CHIGNAHUAPAN).	18b	15	4	B	1	5	66	181	121	176	146	SODICO-BICARBONATADO
PUE006	97.5800	19.5800	BAZOS DE JICOLAPA (ZACATLAN).	19c	15	4	F	1	8	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
PUE007	97.5800	19.5600	MANTIALES EL RINCON (ZACATLAN).	19c	15	4	F	1	8	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
PUE008	97.5710	20.1630	EL PARAISO (XICONTPEC DE JUAREZ).	18b	15	4	F	1	8	****	****	****	****	****	SODICO-BICARBONATADO
PUE009	97.2800	19.4100	LOS NUMEROS (CHIGNAUTLA).	19c	0	4	F	2	8	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
PUE010	97.2600	19.1500	LAS DERRUMBADAS (SAN NICOLAS BUENOS AIRES).	19c	0	4	F	6	8	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
PUE011	98.1300	19.0235	BALNEARIO RANCHO COLORADO (PUEBLA).	18c	15	4	F	1	0	****	194	****	****	120	SODICO-SULFATADO
PUE012	98.1300	19.0235	BALNEARIO AGUA AZUL (PUEBLA).	18e	15	4	F	1	0	****	182	****	****	116	CALCICO-SULFATADO
PUE013	98.2835	18.3030	BALNEARIO COLUCAN (COLUCAR DE MATAMOROS).	18c	15	4	F	1	0	****	191	****	****	95	SODICO-SULFATADO
PUE014	97.1230	18.1345	AGUA XOCA AXUSECO.	18a	15	4	F	1	0	****	75	****	****	75	SODICO-CLORURADOS
PUE015	97.5720	19.5600	METLAXITLA (ZACATLAN).	18b	15	4	F	1	0	****	352	****	****	159	SODICO-BICARBONATADO
PUE016	98.4200	18.3500	IXTACLALA.	18e	15	4	F	3	9	****	135	****	****	104	CALCICO-SULFATADO
PUE017	98.0200	19.4800	CHIGNAHUAPAN (CHIGNAHUAPAN).	18b	15	4	F	3	7	166	166	****	****	94	SODICO-BICARBONATADO
ORD001	99.5700	20.2300	BALNEARIO AGUA RICA (SAN JUAN DEL RIO).	18b	15	4	B	1	9	68	356	75	210	118	SODICO-BICARBONATADO



MANIFESTACIONES TERMALES DE LA REPUBLICA MEXICANA  
(Torres-Rodriguez, 1989)

No. ANOM	LONG.	LATITUD	NOMBRE DEL CAMPO O MANIFESTACION (MUNICIPIO)	C O D I G O	G E O T E R M O M E T R O S					TIPO DE FLUIDO
					K-Mg	Na-K	Na/KCa	Na/KCa	SiO2 b=4/3 b=1/3	
GR0002	99.5800	20.2100	BALNEARIO VENEZIA (SAN JUAN DEL RIO).	CAL 15 4 B 1 9	74	327	65	198	124 19d	
GR0003	100.0200	20.2500	EJIDO ESPIRITU SANTO # 13 (SAN JUAN DEL RIO).	18b 13 4 B 1 9	74	363	89	218	123	SODICO-BICARBONATADO
GR0004	100.0300	20.2500	EJIDO LA ESTANCIA # 22 (SAN JUAN DEL RIO).	19c 13 4 F 1 8	*****	*****	*****	*****	****	NO DETERMINADO
GR0005	0.0000	0.0000	SANTA MATILDE POZO # 8 (SAN JUAN DEL RIO).	19c 13 4 F 1 9	*****	*****	*****	*****	****	NO DETERMINADO
GR0006	0.0000	0.0000	EJIDO NORIA NUEVA # 1 (PEDRO ESCOBEDO).	18b 13 4 B 1 9	69	301	65	192	126	SODICO-BICARBONATADO
GR0007	0.0000	0.0000	RANCHO NORIA NUEVA # 1 (PEDRO ESCOBEDO).	18b 13 4 B 1 9	71	277	69	197	130	SODICO-BICARBONATADO
GR0008	0.0000	0.0000	POBLADO NORIA NUEVA # 1 (PEDRO ESCOBEDO).	19c 13 4 F 1 9	*****	*****	*****	*****	****	NO DETERMINADO
GR0009	0.0000	0.0000	POBLADO NORIA NUEVA # 2 (PEDRO ESCOBEDO).	18b 13 4 B 1 9	76	299	78	197	126	SODICO-BICARBONATADO
GR0010	0.0000	0.0000	POBLADO NORIA NUEVA # 4 (PEDRO ESCOBEDO).	19c 13 4 F 1 9	*****	*****	*****	*****	****	NO DETERMINADO
GR0011	0.0000	0.0000	POBLADO GUADALUPE SEPTIEN # 2 (PEDRO ESCOBEDO).	18b 13 4 B 1 9	87	404	91	228	135	SODICO-BICARBONATADO
GR0012	0.0000	0.0000	POBLADO GUADALUPE SEPTIEN # 1 (PEDRO ESCOBEDO).	18b 13 4 B 1 9	77	330	80	206	124	SODICO-BICARBONATADO
GR0013	0.0000	0.0000	EJIDO PEDRO ESCOBEDO # 1 (PEDRO ESCOBEDO).	CAL 13 4 B 1 9	77	335	61	195	122 19d	
GR0014	0.0000	0.0000	EJIDO PEDRO ESCOBEDO # 2 (PEDRO ESCOBEDO).	18b 13 4 B 1 9	75	315	78	200	142	SODICO-BICARBONATADO
GR0015	0.0000	0.0000	EJIDO PEDRO ESCOBEDO # 3 (PEDRO ESCOBEDO).	18b 13 4 B 1 9	90	397	94	228	147	SODICO-BICARBONATADO
GR0016	0.0000	0.0000	EJIDO PEDRO ESCOBEDO # 5 (PEDRO ESCOBEDO).	19c 13 4 F 1 9	*****	*****	*****	*****	****	NO DETERMINADO
GR0017	0.0000	0.0000	GUADALUPE SEPTIEN # 3 (PEDRO ESCOBEDO).	18b 13 4 B 1 9	76	292	80	198	135	SODICO-BICARBONATADO
GR0018	0.0000	0.0000	GUADALUPE SEPTIEN # 4 (PEDRO ESCOBEDO).	18b 13 4 B 1 9	76	298	81	198	139	SODICO-BICARBONATADO
GR0019	0.0000	0.0000	GUADALUPE SEPTIEN # 5 (PEDRO ESCOBEDO).	18b 13 4 B 1 9	71	251	73	182	126	SODICO-BICARBONATADO
GR0020	0.0000	0.0000	PDB. IGNACIO PEREZ EL MUERTO (PEDRO ESCOBEDO).	18b 13 4 B 1 0	79	259	89	191	133	SODICO-BICARBONATADO
GR0021	0.0000	0.0000	IGNACIO PEREZ EL MUERTO # 1 (PEDRO ESCOBEDO).	18b 13 4 B 1 0	73	275	77	190	140	SODICO-BICARBONATADO
GR0022	0.0000	0.0000	IGNACIO PEREZ EL MUERTO # 2 (PEDRO ESCOBEDO).	19c 13 4 F 1 0	*****	*****	*****	*****	****	NO DETERMINADO
GR0023	0.0000	0.0000	RANCHO SAN CLEMENTE # 1 (PEDRO ESCOBEDO).	19c 13 4 F 1 0	*****	*****	*****	*****	****	NO DETERMINADO
GR0024	0.0000	0.0000	LA ASTURIANA # 1 (PEDRO ESCOBEDO).	18c 13 4 B 1 0	77	311	92	206	129	SODICO-SULFATADO
GR0025	0.0000	0.0000	EJIDO LIRA (PEDRO ESCOBEDO).	18b 13 4 B 1 0	75	266	75	187	108	SODICO-BICARBONATADO
GR0026	0.0000	0.0000	EJIDO LIRA # 1 (PEDRO ESCOBEDO).	19c 13 4 F 1 0	*****	*****	*****	*****	****	NO DETERMINADO

MANIFESTACIONES TERMALES DE LA REPUBLICA MEXICANA  
(Torres-Rodriguez, 1989)

No. ANOM	LONG.	LATITUD	NOMBRE DEL CAMPO O MANIFESTACION (MUNICIPIO)	C O D I G O	G E O T E R M O M E T R O S					TIPO DE FLUIDO
					K-Mg	Na-K	Na/KCa	Na/KCa	SiO2	
							b=4/3	b=1/3		
QR0027	0.0000	0.0000	POTRERO GRANDE (PEDRO ESCOBEDO).	18b 13 4 B 1 0	62	257	65	180	156	SODICO-BICARBONATADO
QR0028	0.0000	0.0000	RANCHO SAN ROQUE # 1 (COLON).	19c 13 4 F 1 0	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
QR0029	0.0000	0.0000	RANCHO SAN ROQUE # 2 (COLON).	18b 13 4 B 1 0	76	247	71	180	145	SODICO-BICARBONATADO
QR0030	0.0000	0.0000	RANCHO SAN VICENTE EL BAJO # 3 (COLON).	19c 13 4 F 1 0	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
QR0031	0.0000	0.0000	EJIDO EL HORCADO (COLON).	18b 13 4 B 1 0	66	274	62	164	142	SODICO-BICARBONATADO
QR0032	0.0000	0.0000	RANCHO EL TESORO # 6 (COLON).	CAL 13 4 B 1 0	86	279	62	165	146 19d	
QR0033	0.0000	0.0000	RANCHO EL TESORO # 7 (COLON).	CAL 13 4 B 1 0	74	258	60	178	144 19d	
QR0034	0.0000	0.0000	RANCHO EL TESORO # 8 (COLON).	18b 13 4 B 1 0	70	252	65	178	154	SODICO-BICARBONATADO
QR0035	0.0000	0.0000	HACIENDA LAS GLADIOLAS # 1 (COLON).	18b 13 4 B 1 0	65	248	60	175	149	SODICO-BICARBONATADO
QR0036	100.0500	20.5100	STA. MA. DE GUADALUPE "EL MEXICANO" (COLON).	18b 15 4 B 1 0	89	224	120	192	137	SODICO-BICARBONATADO
QR0037	100.0200	20.4500	AGUA POTABLE (COLON).	19c 13 4 F 1 0	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
QR0038	0.0000	0.0000	RANCHO SAN CARLOS # 1 (COLON).	19c 13 4 F 1 0	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
QR0039	0.0000	0.0000	BALNEARIO BENITO JUAREZ (COLON).	18b 13 4 B 1 0	82	265	88	173	86	SODICO-BICARBONATADO
QR0040	0.0000	0.0000	GRANJAS RIO # 1 (COLON).	18b 13 4 B 1 0	63	249	67	178	144	SODICO-BICARBONATADO
QR0041	100.0200	20.4300	GRANJAS RIO # 2 (COLON).	18b 13 4 B 1 0	63	231	66	173	138	SODICO-BICARBONATADO
QR0042	100.0200	20.4400		18b 13 4 B 1 0	68	284	67	188	147	SODICO-BICARBONATADO
QR0043	0.0000	0.0000	RANCHO AJUCHITLAN AGUA POTABLE (COLON).	18b 13 4 B 1 0	97	383	102	229	147	SODICO-BICARBONATADO
QR0044	99.5600	20.4100	RANCHO LOS CADETES (COLON).	18b 13 4 B 1 0	68	117	76	135	138	SODICO-BICARBONATADO
QR0045	99.5800	20.4100	AJUCHITLAN POZO # 2 (COLON).	19c 13 4 F 1 0	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
QR0046	100.0000	20.4100	POZO # 4 DE LA S.A.R.H. (COLON).	19c 13 4 F 1 0	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
QR0047	100.0100	20.4100	POZO # 7 DE LA S.A.R.H. (COLON).	19c 13 4 F 1 0	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
QR0048	100.0200	20.3900	AJUCHITLAN POZO # 1 (COLON).	18b 13 4 B 1 0	96	261	103	263	170	SODICO-BICARBONATADO
QR0049	0.0000	0.0000	RANCHO EL QUERETANO (EZEQUIEL MONTES).	18b 13 4 B 1 0	76	290	84	195	133	SODICO-BICARBONATADO
QR0050	0.0000	0.0000	RANCHO EL QUERETANO # 5 (EZEQUIEL MONTES).	18b 13 4 B 1 0	67	165	78	155	118	SODICO-BICARBONATADO
QR0051	0.0000	0.0000	RANCHO SAN JOSE (EZEQUIEL MONTES).	19c 13 4 F 1 0	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
QR0052	0.0000	0.0000	RANCHO LOS EUCALIPTOS (EZEQUIEL MONTES).	CAL 13 4 B 1 0	54	271	53	177	146 19d	
QR0053	0.0000	0.0000	RANCHO SAN JOSE (EZEQUIEL MONTES).	18b 13 4 B 1 0	64	276	85	194	142	SODICO-BICARBONATADO
QR0054	99.5100	20.4000	RANCHO EL QUEMADO (EZEQUIEL MONTES).	18b 13 4 C 1 0	106	239	103	190	169	SODICO-BICARBONATADO
QR0055	0.0000	0.0000	LA REDONDA DE ABAJO # 1 (EZEQUIEL MONTES).	18b 13 4 B 1 0	63	154	69	147	145	SODICO-BICARBONATADO
QR0056	0.0000	0.0000	LA REDONDA DE ABAJO # 2 (EZEQUIEL MONTES).	18b 13 4 B 1 0	53	123	48	128	146	SODICO-BICARBONATADO
QR0057	0.0000	0.0000	RANCHO LAS COLORADAS # 1 (EZEQUIEL MONTES).	18b 13 4 B 1 0	60	108	67	129	132	SODICO-BICARBONATADO
QR0058	0.0000	0.0000	RANCHO LAS COLORADAS # 2 (EZEQUIEL MONTES).	18b 13 4 B 1 0	58	106	62	126	132	SODICO-BICARBONATADO
QR0059	0.0000	0.0000	RANCHO LAS COLORADAS # 3 (EZEQUIEL MONTES).	18b 13 4 B 1 0	63	119	81	138	117	SODICO-BICARBONATADO

MANIFESTACIONES TERMALES DE LA REPUBLICA MEXICANA  
(Torres-Rodriguez, 1989)

No. ANOM	LONG.	LATITUD	NOMBRE DEL CAMPO O MANIFESTACION (MUNICIPIO)	C	O	D	I	G	O	S E D E T E R M I N A D O S					TIPO DE FLUIDO
										K-Mg	Na-K	Na/Ka	Na/Ka	SiO2	
										b=4/3	b=1/3				
GR0060	0.0000	0.0000	DTO. DE RIEGO 23 POZO # 3 SARH (S. J. DEL RIO).	19c	13	4	F	1	0	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
GR0061	0.0000	0.0000	D.R. # 23 POZO # 15 MANSTON GALINDO (S. J. DEL R.	19c	13	4	F	1	0	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
GR0062	0.0000	0.0000	D.R. #23 POZO EL SAUJ (SAN JUAN DEL RIO).	19c	13	4	F	1	0	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
GR0063	0.0000	0.0000	D.R. #23 POZO 17 PDB. PALOMAS (S. J. DEL RIO).	19c	13	4	F	1	0	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
GR0064	0.0000	0.0000	D.R. #23 POZO 8 PDB. STA. MATILDE (S. J. DEL RIO)	19c	13	4	F	1	0	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
GR0065	0.0000	0.0000	D.R. #23 POZO 33 PDB. CHUTEPEC (S. J. DEL RIO).	19c	13	4	F	1	0	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
GR0066	0.0000	0.0000	RANCHO EL DEPOSITO (EZEQUIEL MONTES).	18b	13	4	B	1	0	51	158	64	151	159	SODICO-BICARBONATADO
GR0067	0.0000	0.0000	RANCHO SAN ISIDRO (EZEQUIEL MONTES).	18b	13	4	B	1	0	72	169	82	158	146	SODICO-BICARBONATADO
GR0068	0.0000	0.0000	POBLADO S. VICENTE DE ABAJO (EZEQUIEL MONTES).	19c	13	4	F	1	0	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
GR0069	0.0000	0.0000	RANCHO SAN FRANCISCO (EZEQUIEL MONTES).	19c	13	4	F	1	0	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
GR0070	0.0000	0.0000	EJIDO EZEQUIEL MONTES # 2 (EZEQUIEL MONTES).	19c	13	4	F	1	0	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
GR0071	0.0000	0.0000	EJIDO EZEQUIEL MONTES # 1 (EZEQUIEL MONTES).	19c	13	4	F	1	0	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
GR0072	0.0000	0.0000	EJIDO EZEQUIEL MONTES # 3 (EZEQUIEL MONTES).	19c	13	4	F	1	0	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
GR0073	0.0000	0.0000	PDB. S. VICENTE DE ABAJO # 1 (COLON).	CAL	13	4	B	1	0	67	284	64	187	144	19d
GR0074	0.0000	0.0000	POBLADO S. VICENTE DE ABAJO # 2 (COLON).	CAL	13	4	B	1	0	69	264	65	182	142	19d
GR0075	0.0000	0.0000	POBLADO S. VICENTE DE ABAJO # 3 (COLON).	18b	13	4	B	1	0	81	291	69	191	149	SODICO-BICARBONATADO
GR0076	0.0000	0.0000	RANCHO SAN FRANCISCO (COLON).	19c	13	4	F	1	0	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
GR0077	0.0000	0.0000	BALNEARIO OASIS (TEQUISQUIAPAN).	19c	13	4	F	1	0	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
GR0078	0.0000	0.0000	RANCHO EL PARRAL POZO # 1 (TEQUISQUIAPAN).	18b	13	4	A	1	0	-7	-43	-22	19	122	SODICO-BICARBONATADO
GR0079	0.0000	0.0000	RANCHO EL PARRAL POZO # 2 (TEQUISQUIAPAN).	18b	13	4	B	1	0	63	186	68	159	122	SODICO-BICARBONATADO
GR0080	0.0000	0.0000	RANCHO EL PARRAL POZO # 3 (TEQUISQUIAPAN).	18b	13	4	B	1	0	65	158	67	149	138	SODICO-BICARBONATADO
GR0081	0.0000	0.0000	EZEQUIEL MONTES # 2 (EZEQUIEL MONTES).	19c	13	4	F	1	0	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
GR0082	0.0000	0.0000	HOTEL RIO (TEQUISQUIAPAN).	19c	13	4	F	1	0	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
GR0083	0.0000	0.0000	HOTEL RIO (TEQUISQUIAPAN).	19c	13	4	F	1	0	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
GR0084	0.0000	0.0000	BALNEARIO LA GRANJA (TEQUISQUIAPAN).	18b	15	4	B	1	0	72	350	86	213	124	SODICO-BICARBONATADO
GR0085	0.0000	0.0000	HOTEL BALNEARIO EL RELOX (TEQUISQUIAPAN).	18b	15	4	B	1	0	65	247	72	180	129	SODICO-BICARBONATADO

MANIFESTACIONES TERMALES DE LA REPUBLICA MEXICANA  
(Torres-Rodriguez, 1989)

No. ANOM	LONG.	LATITUD	NOMBRE DEL CAMPO O MANIFESTACION (MUNICIPIO)	C O D I G O	G E O T E R M O M E T R O S					TIPO DE FLUIDO					
					K-Mg	Na-K	NaKCa	NaKCa	SiO2						
QR0086	0.0000	0.0000	HOTEL EL RELOX (TEQUISQUIAPAN).	18b	15	4	B	1	0	59	275	77	190	130	SODICO-BICARBONATADO
QR0087	0.0000	0.0000	HOTEL EL RELOX (TEQUISQUIAPAN).	18b	15	4	B	1	0	59	245	51	170	134	SODICO-BICARBONATADO
QR0088	0.0000	0.0000	HOTEL EL RELOX (TEQUISQUIAPAN).	18b	15	4	B	1	0	67	273	66	185	128	SODICO-BICARBONATADO
QR0089	0.0000	0.0000	HOTEL NEPTUNO (TEQUISQUIAPAN).	19c	15	4	F	1	0	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
QR0090	99.5500	20.2900	HOTEL NEPTUNO (TEQUISQUIAPAN).	19c	15	4	F	1	0	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
QR0091	0.0000	0.0000	BAZO PUBLICO LA PILA (TEQUISQUIAPAN).	19c	15	4	F	1	0	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
QR0092	0.0000	0.0000	ESTANQUE EL PLOJO (TEQUISQUIAPAN).	19c	15	4	F	1	0	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
QR0093	0.0000	0.0000	BAZO PUBLICO LA PILA (TEQUISQUIAPAN).	19c	15	4	F	1	0	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
QR0094	0.0000	0.0000	BALNEARIO RANCHO SAN FRANCISCO (TEQUISQUIAPAN).	19c	13	4	F	1	0	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
QR0095	0.0000	0.0000	TEQUISQUIAPAN POZO # 3 (TEQUISQUIAPAN).	19c	13	4	F	1	0	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
QR0096	0.0000	0.0000	TEQUISQUIAPAN POZO # 5 (TEQUISQUIAPAN).	19c	13	4	F	1	0	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
QR0097	0.0000	0.0000	POBLADO FUENTEZUELAS # 2 (TEQUISQUIAPAN).	18b	13	4	B	1	0	68	374	93	223	134	SODICO-BICARBONATADO
QR0098	0.0000	0.0000	POBLADO FUENTEZUELAS # 6 (TEQUISQUIAPAN).	18b	13	4	B	1	0	79	342	80	209	121	SODICO-BICARBONATADO
QR0099	0.0000	0.0000	POBLADO BORDO BLANCO # 1 (TEQUISQUIAPAN).	18b	13	4	B	1	0	74	338	75	206	126	SODICO-BICARBONATADO
QR0100	0.0000	0.0000	POZO # 2B (TEQUISQUIAPAN).	19c	13	4	F	1	0	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
QR0101	0.0000	0.0000	POBLADO SANTILLAN (TEQUISQUIAPAN).	18b	13	4	B	1	0	89	222	90	179	101	SODICO-BICARBONATADO
QR0102	99.5500	20.2900	HOTEL BALNEARIO NEPTUNO (TEQUISQUIAPAN).	16b	15	4	B	1	0	65	240	74	179	131	SODICO-BICARBONATADO
QR0103	99.5500	20.2900	HOTEL BALNEARIO NEPTUNO (TEQUISQUIAPAN).	16b	15	4	B	1	0	66	246	76	181	132	SODICO-BICARBONATADO
QR0104	99.5500	20.2900	HOTEL BALNEARIO NEPTUNO (TEQUISQUIAPAN).	16b	15	4	B	1	0	65	247	74	181	132	SODICO-BICARBONATADO
QR0105	99.5500	20.2900	HOTEL BALNEARIO NEPTUNO (TEQUISQUIAPAN).	16b	15	4	B	1	0	66	245	73	179	131	SODICO-BICARBONATADO
QR0106	99.5500	20.2900	HOTEL BALNEARIO NEPTUNO (TEQUISQUIAPAN).	16b	15	4	B	1	0	68	264	76	187	132	SODICO-BICARBONATADO
QR0107	99.5500	20.2900	HOTEL BALNEARIO NEPTUNO (TEQUISQUIAPAN).	16b	15	4	B	1	0	72	313	70	197	132	SODICO-BICARBONATADO
QR0108	0.0000	0.0000	RANCHO LOS LOBOS # 1 (TEQUISQUIAPAN).	18b	13	4	A	1	0	-1	-19	-16	36	144	SODICO-BICARBONATADO
QR0109	0.0000	0.0000	RANCHO LOS LOBOS # 2 (TEQUISQUIAPAN).	18b	13	4	B	1	0	73	205	70	166	146	SODICO-BICARBONATADO
QR0110	0.0000	0.0000	RANCHO LOS LOBOS # 3 (TEQUISQUIAPAN).	18b	13	4	B	1	0	55	143	65	142	152	SODICO-BICARBONATADO
QR0111	0.0000	0.0000	RANCHO LA TIJERA (TEQUISQUIAPAN).	18b	13	4	A	1	0	-4	-26	-17	31	142	SODICO-BICARBONATADO
QR0112	0.0000	0.0000	BALNEARIO TERMAS DEL REY (TEQUISQUIAPAN).	18b	13	4	A	1	0	9	-22	-13	35	141	SODICO-BICARBONATADO
QR0113	0.0000	0.0000	HOTEL BALNEARIO EL RELOX (TEQUISQUIAPAN).	16b	15	4	B	1	0	59	246	53	171	118	SODICO-BICARBONATADO

MANIFESTACIONES TERMALES DE LA REPUBLICA MEXICANA  
(Torres-Rodriguez, 1989)

No. ANOM	LONG.	LATITUD	NOMBRE DEL CAMPO O MANIFESTACION (MUNICIPIO)	C	D	I	B	O	GEOTERMOMETROS					TIPO DE FLUIDO	
									K-Mg	Na-K	Na/KCa	Na/KCa	SiO2		
									b=4/3	b=1/3					
GR0114	0.0000	0.0000	HOTEL BALNEARIO EL RELOX (TEQUISQUIAPAN).	18b	15	4	B	1	0	68	313	65	195	131	SODICO-BICARBONATADO
GR0115	0.0000	0.0000	HOTEL BALNEARIO EL RELOX (TEQUISQUIAPAN).	18b	15	4	B	1	0	67	277	71	188	122	SODICO-BICARBONATADO
GR0116	0.0000	0.0000	HOTEL BALNEARIO EL RELOX (TEQUISQUIAPAN).	18b	15	4	B	1	0	67	300	64	191	138	SODICO-BICARBONATADO
GR0117	0.0000	0.0000	HOTEL BALNEARIO EL RELOX (TEQUISQUIAPAN).	18b	15	4	B	1	0	70	313	68	196	131	SODICO-BICARBONATADO
GR0118	0.0000	0.0000	HOTEL BALNEARIO EL RELOX (TEQUISQUIAPAN).	18b	15	4	B	1	0	68	307	66	194	131	SODICO-BICARBONATADO
GR0119	100.2900	20.3500	POBLADO TLACOTE EL BAJO # 1 (QUERETARO).	19c	13	4	F	1	0	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
GR0120	100.2500	20.3800	SAN PEDRO EL ALTO (QUERETARO).	19c	13	4	F	1	0	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
GR0121	100.2800	20.4300	EJIDO EL NABO - JURICA (QUERETARO).	18b	13	4	B	1	0	50	173	66	154	137	SODICO-BICARBONATADO
GR0122	100.2800	20.4400	ACEQUIA BLANCA (QUERETARO).	19c	13	4	F	1	0	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
GR0123	100.2700	20.4500	SANTA ROSA JAUREGUI (QUERETARO).	18b	13	4	B	1	0	64	253	82	186	146	SODICO-BICARBONATADO
GR0124	100.2600	20.4300	EJIDO SANTA ROSA JAUREGUI (QUERETARO).	18b	13	4	B	1	0	65	239	83	182	142	SODICO-BICARBONATADO
GR0125	100.2000	20.4600	POBLADO SAN VICENTE FERRER (VILLA DEL MARQUEZ).	18b	13	4	B	1	0	70	239	102	190	127	SODICO-BICARBONATADO
GR0126	100.1700	20.4200	POB. SAN PEDRITO EL ALTO (VILLA DEL MARQUEZ).	18b	13	4	B	1	0	60	134	88	147	142	SODICO-BICARBONATADO
GR0127	100.2200	20.4600	TIERRA BLANCA (VILLA DEL MARQUEZ).	19c	13	4	F	1	0	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
GR0128	100.2300	20.4600	TIERRA BLANCA (VILLA DEL MARQUEZ).	18b	13	4	B	1	0	58	187	76	162	150	SODICO-BICARBONATADO
GR0129	100.2300	20.4500	TIERRA BLANCA (VILLA DEL MARQUEZ).	18b	13	4	B	1	0	60	134	88	147	142	SODICO-BICARBONATADO
GR0130	100.2300	20.3000	OJO DE AGUA (VILLA CORREGIDORA).	18b	15	4	B	1	0	72	256	96	193	142	SODICO-BICARBONATADO
GR0131	100.2400	20.3000	OJO DE AGUA (VILLA CORREGIDORA).	19c	15	4	F	1	0	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
GR0132	100.2500	20.3000	RANCHO PITA (VILLA CORREGIDORA).	18b	13	4	B	1	0	83	237	139	202	174	SODICO-BICARBONATADO
GR0133	100.2300	20.2800	LA PURISIMA SAN RAFAEL (VILLA CORREGIDORA).	18b	13	4	F	1	0	****	277	113	206	150	SODICO-BICARBONATADO
GR0134	0.0000	0.0000	PUEBLO DE PATHE. (CADEREYTA).	19c	15	4	F	1	0	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
GR0135	0.0000	0.0000	5 km AL W DEL PUEBLE DE PATHE (CADEREYTA).	19c	15	4	F	1	0	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
GR0136	0.0000	0.0000	5.4 km AL W DE PATHE, MANGUANI (CADEREYTA).	19c	15	4	F	1	0	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
GR0137	0.0000	0.0000	POBLADO VISTHA (SAN JUAN DEL RIO).	19c	13	4	F	1	0	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
GR0138	99.5800	20.2700	EJIDO DE SAN PEDRO AHUACATLAN (S. JUAN DEL RIO)	19c	13	4	F	1	0	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
GR0139	99.5500	20.2700	POZO EJIDO SAN PEDRO AHUACATLAN (S. J. DEL RIO)	19c	13	4	F	1	0	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
GR0140	99.5300	20.2700	POBLADO SAN ISIDRO (SAN JUAN DEL RIO).	19c	13	4	F	1	0	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
GR0141	99.5300	20.2800	SANTA MARIA ESCALANTE (SAN JUAN DEL RIO).	18b	13	4	B	1	0	80	340	60	208	136	SODICO-BICARBONATADO

MANIFESTACIONES TERMALES DE LA REPUBLICA MEXICANA  
(Torres-Rodriguez, 1989)

No. ANOM	LONG.	LATITUD	NOMBRE DEL CAMPO O MANIFESTACION (MUNICIPIO)	C	D	D	I	G	D	G E O T E R M O M E T R O S					TIPO DE FLUIDO
										K-Mg	Na-K	NaKCa	NaKCa	SiO2	
											b=4/3	b=1/3			
QRD142	99.5200	20.2800	RANCHO SANTA ROSA XAXAY (SAN JUAN DEL RIO).	18b	13	4	B	1	0	74	258	92	192	137	SODICO-BICARBONATADO
QRD143	99.5600	20.2500	POZO #1 SAN ISIDRO (SAN JUAN DEL RIO).	19c	13	4	F	1	0	*****	*****	*****	*****	****	NO DETERMINADO
QRD144	100.0400	20.3700	POBLADO EL TEJOCOTE (COLON).	18b	13	4	F	1	0	*****	*****	*****	*****	****	BICARBONATADO-SODICO
QRD145	0.0000	0.0000	POBLADO EL GALLO (COLON).	18b	13	4	B	1	0	81	169	80	157	144	SODICO-BICARBONATADO
QRD146	0.0000	0.0000	POBLADO LA VENTA (PEDRO ESCOBEDO).	19c	13	4	F	1	0	*****	*****	*****	*****	****	NO DETERMINADO
QRD147	0.0000	0.0000	POBLADO LA VENTA (PEDRO ESCOBEDO).	19c	13	4	F	1	0	*****	*****	*****	*****	****	NO DETERMINADO
QRD148	0.0000	0.0000	RANCHO EL BAVILLERO (PEDRO ESCOBEDO).	19c	13	4	F	1	0	*****	*****	*****	*****	****	NO DETERMINADO
QRD149	0.0000	0.0000	RANCHO LOS SALVADORES (PEDRO ESCOBEDO).	18b	13	4	B	1	0	59	241	68	177	148	SODICO-BICARBONATADO
QRD150	0.0000	0.0000	POBLADO LA "D" (PEDRO ESCOBEDO).	19c	13	4	F	1	0	*****	*****	*****	*****	****	NO DETERMINADO
QRD151	0.0000	0.0000	POBLADO SAN FANDILA (PEDRO ESCOBEDO).	19c	13	4	F	1	0	*****	*****	*****	*****	****	NO DETERMINADO
QRD152	0.0000	0.0000	POBLADO SAN FANDILA (PEDRO ESCOBEDO).	19c	13	4	F	1	0	*****	*****	*****	*****	****	NO DETERMINADO
QRD153	100.1500	20.3000	RANCHO AGUA CALIENTE (PEDRO ESCOBEDO).	18a	13	4	F	1	0	*****	*****	*****	*****	****	CLORURADO-SODICO.
QRD154	0.0000	0.0000	POZO QUINTANARES # 1 (PEDRO ESCOBEDO).	19c	13	4	F	1	0	*****	*****	*****	*****	****	NO DETERMINADO
QRD155	0.0000	0.0000	POZO QUINTANARES # 2 (PEDRO ESCOBEDO).	19c	13	4	F	1	0	*****	*****	*****	*****	****	NO DETERMINADO
QRD156	0.0000	0.0000	POZO QUINTANARES # 3 (PEDRO ESCOBEDO).	19c	13	4	F	1	0	*****	*****	*****	*****	****	NO DETERMINADO
QRD157	0.0000	0.0000	POBLADO LAS CORONELAS (PEDRO ESCOBEDO).	19c	13	4	F	1	0	*****	*****	*****	*****	****	NO DETERMINADO
QRD158	0.0000	0.0000	POZO LA MADRILEZA (TEQUISQUIAPAN).	19c	13	4	F	1	0	*****	*****	*****	*****	****	NO DETERMINADO
QRD159	0.0000	0.0000	POZO LA MADRILEZA (TEQUISQUIAPAN).	19c	13	4	F	1	0	*****	*****	*****	*****	****	NO DETERMINADO
QRD160	0.0000	0.0000	RANCHO CORRAL PRIETO (TEQUISQUIAPAN).	19c	13	4	F	1	0	*****	*****	*****	*****	****	NO DETERMINADO
QRD161	99.5600	20.3000	BORDO BLANCO (TEQUISQUIAPAN).	19c	13	4	F	1	0	*****	*****	*****	*****	****	NO DETERMINADO
QRD162	0.0000	0.0000	km 8 CAMINO TEQUISQUIAPAN-FUENTEZUELAS (TEQUIS)	19c	13	4	F	1	0	*****	*****	*****	*****	****	NO DETERMINADO
QRD163	0.0000	0.0000	EJIDO FUENTEZUELAS POZO # 3 (TEQUISQUIAPAN).	19c	13	4	F	1	0	*****	*****	*****	*****	****	NO DETERMINADO
QRD164	0.0000	0.0000	EJIDO FUENTEZUELAS POZO # 5 (TEQUISQUIAPAN).	19c	13	4	F	1	0	*****	*****	*****	*****	****	NO DETERMINADO
QRD165	0.0000	0.0000	POBLADO ESCOLASTICAS (SAN JUAN DEL RIO).	18b	15	4	A	1	0	40	148	46	137	129	SODICO-BICARBONATADO
QRD166	100.1200	20.2400	HACIENDA LIRA (PEDRO ESCOBEDO).	18b	13	4	B	1	0	64	263	63	181	154	SODICO-BICARBONATADO
QRD167	0.0000	0.0000	7 km AL SUR DEL POB. LA LIRA (PEDRO ESCOBEDO).	18b	13	4	B	1	0	67	279	69	188	159	SODICO-BICARBONATADO



MANIFESTACIONES TERMALES DE LA REPUBLICA MEXICANA  
(Torres-Rodriguez, 1989)

No. ANOM	LONG.	LATITUD	NOMBRE DEL CAMPO O MANIFESTACION (MUNICIPIO)	C O D I G O	G E O T E R M O M E T R O S				TIPO DE FLUIDO	
					K-Mg	Na-K	Na/Ca	Na/Ca SiO2 b=4/3 b=1/3		
SIN027	106.0500	23.1000	PUENTE SANTA FE (CONCORDIA).	19c 15 4 F 3 7	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
SIN028	106.0000	23.0600	HUAJOTE (CONCORDIA).	19c 15 4 F 3 7	****	****	****	****	****	NO DETERMINADO
SLP001	0.0000	0.0000	SAN RAFAEL (TIERRA NUEVA).	18b 15 4 C 1 0	166	297	185	236	****	SODICO-BICARBONATADO
SLP002	100.3200	21.4500	BALNEARIO DE LOURDES (SANTA MARIA DEL RIO).	18b 15 4 C 1 0	107	208	146	194	****	SODICO-BICARBONATADO
SLP003	0.0000	0.0000	OJO CALIENTE EL BAZITO (SANTA MARIA DEL RIO).	18b 15 4 B 1 0	71	125	45	128	120	SODICO-BICARBONATADO
SLP004	100.4500	21.5700	OJO CALIENTE SR. OROZCO (STA. MA. DEL RIO).	18b 15 4 B 1 0	80	154	53	141	121	SODICO-BICARBONATADO
SLP005	0.0000	0.0000	BALNEARIO OJO CALIENTE (SANTA MARIA DEL RIO).	18b 15 4 B 1 0	77	150	50	139	120	SODICO-BICARBONATADO
SLP006	100.5100	21.5000	CENTRO VACACIONAL GOGORON (VILLA DE REYES).	19d 15 4 B 1 0	90	78	41	106	119	CALCICO-BICARBONATADO
SLP007	0.0000	0.0000	EL JARDIN (VILLA DE REYES).	18b 15 4 B 1 0	92	82	43	108	122	SODICO-BICARBONATADO
SLP008	0.0000	0.0000	EJIDO SAN MIGUEL (VILLA DE REYES).	CAL 15 4 B 1 0	91	98	41	115	****	19d
SLP009	0.0000	0.0000	BALNEARIO EL GOGORON (VILLA DE REYES).	CAL 15 4 B 1 0	91	89	42	111	126	19d
SLP010	0.0000	0.0000	BAJOS SAN DIEGO (VILLA DE REYES).	CAL 15 4 B 1 0	92	73	42	104	126	19d
SLP011	0.0000	0.0000	FRONTERA (VILLA DE REYES).	CAL 15 4 B 1 0	93	79	40	106	118	19d
SLP012	0.0000	0.0000	ESTABLO CENTENARIO (VILLA DE REYES).	CAL 15 4 B 1 0	90	78	40	106	125	19d
SLP013	100.0200	21.5100	EJIDO EL JAFALI (RIO VERDE).	18e 15 4 B 1 0	85	192	25	142	79	CALCICO-SULFATADO
SLP014	100.0100	21.5800	EJIDO SAN SEBASTIAN (RIO VERDE).	19e 15 4 A 1 0	39	188	27	142	74	CALCICO-SULFATADO
SLP015	100.0100	21.5300	LA MEDIA LUNA (RIO VERDE).	18e 15 4 A 1 0	39	200	23	144	77	CALCICO-SULFATADO
SLP016	100.5200	21.5600	EJIDO LAZUNA SAN VICENTE (VILLA DE REYES).	CAL 15 4 B 1 0	85	276	79	192	129	19d
SLP017	98.5600	21.5600	EL BAZITO (CIUDAD VALLES).	CAL 15 4 A 1 0	26	125	10	113	****	19d
SLP018	100.4500	23.3900	MINA STA. MA. DE LA FAZ (VILLA DE LA FAZ).	18e 15 4 B 1 0	70	83	93	125	****	CALCICO-SULFATADO
SLP019	101.1800	22.4000	EJIDO LAS CRUCES (MOCTEZUMA).	CAL 15 4 A 1 0	27	73	15	94	65	19d
SLP020	98.5800	21.5800	TANINUL (CD. VALLES).	18b 15 4 F 1 5	****	****	****	****	****	SODICO-BICARBONATADO
SON025	110.0600	30.1300	ARROYO AGUA CALIENTE (ARIZPE)	18c 15 4 C 1 0	104	74	65	112	123	SODICO-SULFATADO
SON001	112.4400	31.4900	EJIDO DESIERTO DE SONORA (SONOITA)	18b 13 4 B 1 9	66	82	92	124	109	SODICO-BICARBONATADO
SON002	113.2900	31.5700	GUADALUPE VICTORIA (PINACATE)	18a 13 4 B 1 0	72	46	97	107	97	SODICO-CLORURADOS
SON003	115.0000	32.1400	COLONIA NUEVO LEON (SAN LUIS RIO COLORADO)	18a 13 4 B 3 9	59	36	70	94	76	SODICO-CLORURADOS
SON004	114.5600	32.1100	EJIDO NUEVO MICHOCAN (SAN LUIS RIO COLORADO)	18a 13 4 B 1 9	70	26	129	103	49	SODICO-CLORURADOS
SON005	114.5600	32.1100	EJIDO NUEVO MICHOCAN (SAN LUIS RIO COLORADO)	18a 13 4 B 1 9	60	32	77	94	112	SODICO-CLORURADOS
SON006	114.4600	31.5700	EL DOCTOR	18a 15 4 A 1 9	49	20	70	85	108	SODICO-CLORURADOS
SON007	112.4200	31.4700	EJIDO DESIERTO DE SONORA (SONOITA)	18b 13 4 B 1 9	59	36	84	98	91	SODICO-BICARBONATADO
SON008	112.3200	31.3900	COLONIA 21 DE MARZO (SONOITA)	18b 13 4 B 1 5	52	98	74	126	105	SODICO-BICARBONATADO
SON009	112.3600	31.4100	SOC. REYES DE REFORMA (SONOITA)	18b 13 4 B 1 9	54	78	77	118	112	SODICO-BICARBONATADO
SON010	112.2400	30.4200	SOC. COOPERATIVA LA ALMITA (CABORCA)	18b 13 4 A 1 9	47	138	46	133	108	SODICO-BICARBONATADO



MANIFESTACIONES TERMALES DE LA REPUBLICA MEXICANA  
(Torres-Rodriguez, 1989)

No. ANOM	LONG.	LATITUD	NOMBRE DEL CAMPO O MANIFESTACION (MUNICIPIO)	C O D I G O	G E O T E R M O M E T R O S				TIPO DE FLUIDO	
					K-Mg	Na-K	Na/Ka	Na/Ka SiO2 b=4/3 b=1/3		
SON011	112.2500	30.4000	LA MACARENA (CABORCA)	18b 13 4 A 1 9	44	118	46	125	69	SODICO-BICARBONATADO
SON012	112.3800	30.4700	EJIDO EL DIAMANTE (CABORCA)	18b 13 4 B 1 9	64	80	73	118	74	SODICO-BICARBONATADO
SON013	112.1300	29.3500	DRIVAIRA (PUERTO LIBERTAD)	18b 13 4 B 1 8	66	16	72	83	101	SODICO-BICARBONATADO
SON014	112.1300	29.3500	DRIVAIRA (PUERTO LIBERTAD)	18a 13 4 A 1 8	39	18	37	75	108	SODICO-CLORURADOS
SON015	111.4400	29.0700	FATIMA-PITIE (HERMOSILLO)	18b 13 4 B 1 9	57	164	70	152	109	SODICO-BICARBONATADO
SON016	111.4200	29.0500	EL CHALATE (HERMOSILLO)	18b 13 4 A 1 9	44	149	46	137	119	SODICO-BICARBONATADO
SON017	111.2500	28.3300	CAMPO LOURDES (HERMOSILLO)	18b 13 4 B 3 9	81	14	77	83	116	SODICO-BICARBONATADO
SON018	111.3000	28.3300	LA CORREGIDORA (HERMOSILLO)	CAL 13 4 A 1 8	29	73	12	93	99	19d
SON019	111.3200	28.4600	RANCHO SANTA ANITA (HERMOSILLO)	CAL 13 4 A 1 9	31	87	16	100	91	19d
SON020	112.1200	30.2900	ROBERTO DE LA SELVA (CABORCA)	18b 13 4 A 1 9	49	124	73	137	102	SODICO-BICARBONATADO
SON021	112.2800	30.2200	LA GANDELARIA (CABORCA)	18b 13 4 A 3 5	43	113	26	115	91	SODICO-BICARBONATADO
SON022	112.1900	31.0100	RANCHO GRANDE (CABORCA)	18b 15 4 B 1 9	51	127	53	131	74	SODICO-BICARBONATADO
SON023	111.1600	31.1200	AGUA CALIENTE (NOGALES)	18b 15 4 B 1 5	65	77	46	107	102	SODICO-BICARBONATADO
SON024	110.0400	30.2200	BUENAVISTA (ARIZPE)	18c 15 4 B 1 8	60	77	59	112	102	SODICO-SULFATADO
SON026	110.1500	29.4900	AGUA CALIENTE (ACONCHI)	18c 15 4 C 3 5	107	94	81	127	118	SODICO-SULFATADO
SON027	110.1400	29.4800	AGUA CALIENTE (ACONCHI)	18c 13 4 C 3 5	115	101	84	131	130	SODICO-SULFATADO
SON028	110.0300	28.5800	EL ARIVINO (MAZATAN)	18c 13 4 B 1 8	74	8	44	71	74	SODICO-SULFATADO
SON029	109.5800	28.3500	AGUA CALIENTE (TECORIPA)	18c 15 4 B 3 5	96	45	63	97	152	SODICO-SULFATADO
SON030	109.5400	28.3300	EL MONTERO (TECORIPA)	18a 15 4 B 3 8	64	48	135	117	101	SODICO-CLORURADOS
SON031	109.5400	28.3400	AGUA CALIENTE (HERMOSILLO)	18b 15 4 B 1 8	51	76	59	111	91	SODICO-BICARBONATADO
SON032	111.2500	28.4700	LOS HUICOS-SAHURAL (HERMOSILLO)	18b 13 4 B 1 9	90	81	117	131	120	SODICO-BICARBONATADO
SON033	112.1900	28.5300	EL CHALOTE (ISLA TIURON)	18a 15 4 B 1 8	70	10	95	85	135	SODICO-CLORURADOS
SON034	110.1800	28.2800	SAN JOSE DE PIMAS (TECORIPA)	18a 15 4 C 1 0	118	86	61	116	70	SODICO-CLORURADOS
SON035	111.0700	28.0000	EJIDO 13 DE JULIO (GUAYMAS)	18a 15 4 B 1 9	60	59	50	100	102	SODICO-CLORURADOS
SON036	110.4400	27.5900	EJIDO LA INDIA (GUAYMAS)	18a 13 4 B 1 9	51	134	50	133	69	SODICO-CLORURADOS
SON037	110.4000	28.0800	EJIDO SANTA MARTA (GUAYMAS)	18b 13 4 B 1 8	53	141	15	121	107	SODICO-BICARBONATADO
SON038	110.4100	28.1100	EJIDO SAN LUIS (GUAYMAS)	18b 13 4 B 1 8	53	69	23	95	104	SODICO-BICARBONATADO
SON039	110.4200	28.0400	FATIMA (GUAYMAS)	18b 13 4 B 3 8	54	163	55	146	104	SODICO-BICARBONATADO
SON040	110.0600	27.5600	AGUA CALIENTE (TRIBU YAQUI) (GUAYMAS)	18b 15 4 B 1 8	60	11	55	76	96	SODICO-BICARBONATADO
SON041	109.4900	27.4000	AGUA CALIENTE HORNS (CD. OBREGON)	18c 15 4 B 3 8	68	40	40	87	96	SODICO-SULFATADO
SON042	109.5400	27.1200	BLOCC 1712 (CD. OBREGON)	18a 13 4 A 1 9	41	152	39	135	96	SODICO-CLORURADOS
SON043	109.5400	27.0700	BLOCC 2212 (CD. OBREGON)	18a 13 4 A 1 9	23	28	31	78	96	SODICO-CLORURADOS
SON044	109.5400	27.2200	EJIDO FELIPE NERI (CD. OBREGON)	18b 13 4 A 1 9	38	75	49	107	117	SODICO-BICARBONATADO
SON045	109.5500	27.0300	PUEBLO YAQUI (CD. OBREGON)	18b 13 4 A 1 9	38	71	48	105	103	SODICO-BICARBONATADO
SON046	110.1100	27.2200	BLOCC 717 (CD. OBREGON)	18b 13 4 A 1 9	39	112	38	119	98	SODICO-BICARBONATADO
SON047	110.0700	27.2200	PEDR 630 SARH. (CD. OBREGON)	18b 13 4 B 1 9	79	139	35	128	83	SODICO-BICARBONATADO
SON048	109.4500	28.0100	AGUA CALIENTE (CD. OBREGON)	18a 15 4 B 1 8	63	44	24	84	105	SODICO-CLORURADOS
SON049	109.1700	28.1400	AGUA CALIENTE (TESOPACO)	18a 15 4 A 3 8	49	77	59	111	105	SODICO-CLORURADOS
SON050	109.2400	28.0600	AGUA CALIENTE MOVAS (TESOPACO)	18b 15 4 B 3 8	61	45	51	93	82	SODICO-BICARBONATADO
SON051	109.1100	28.5600	AGUA CALIENTE DRIVECHI (DRIVECHI)	CAL 15 4 A 1 5	35	357	28	186	69	19d
SON052	109.3200	28.3700	AGUA CALIENTE (TONICHI)	18c 15 2 C 3 5	109	100	49	119	108	CALCICO-SULFATADO
SON053	109.0000	31.1400	LOS OJITOS CALIENTES (AGUA PRIETA)	18b 15 4 A 1 8	43	27	40	80	68	SODICO-BICARBONATADO
SON054	109.3200	29.5000	TONIBABI (MOCTEZUMA)	18c 15 4 C 3 5	101	117	91	140	118	SODICO-SULFATADO
SON055	109.3200	29.5000	TONIBABI (MOCTEZUMA)	18c 15 2 C 3 5	118	113	89	138	122	SODICO-SULFATADO
SON056	109.5200	30.0700	AGUA CALIENTE BOCA DE HURCHI (CUMPAS)	18c 15 4 B 3 6	94	80	58	113	101	SODICO-SULFATADO

MANIFESTACIONES TERMALES DE LA REPUBLICA MEXICANA  
(Torres-Rodriguez, 1989)

No. ANOM	LONG.	LATITUD	NOMBRE DEL CAMPO O MANIFESTACION (MUNICIPIO)	C O D I B O	G E O T E R M O M E T R O S				TIPO DE FLUIDO
					K-Mg	Na-K	Na/KCa	Na/KCa	
					b=4/3 b=1/3				
SON057	109.2400	20.4000	AGUA CALIENTE ESQUEDA (FRONTERAS)	18b 15 4 C 3 6	113	121	194	146	93 SODICO-BICARBONATADO
SON058	109.0400	29.5000	AGUA CALIENTE GRANADOS (MOCTEZUMA)	18c 15 4 C 3 8	111	110	136	150	110 SODICO-SULFATADO
SON059	109.1900	29.5500	HUASABES (MOCTEZUMA)	18c 15 4 B 1 8	55	-10	68	66	88 SODICO-SULFATADO
SON060	109.0800	29.4900	AGUA CALIENTE BOCA DE HUACHI (BOCA DE HUACHI)	18b 15 4 B 1 8	57	22	66	85	96 SODICO-BICARBONATADO
SON061	109.0900	29.4700	AGUA CALIENTE BOCA DE HUACHI (BOCA DE HUACHI)	18b 15 4 A 1 8	45	0	57	69	72 SODICO-BICARBONATADO
SON062	109.1400	28.5800	AGUA CALIENTE (SAHUARAPI)	18b 15 4 B 1 5	67	162	67	150	97 SODICO-BICARBONATADO
SON063	109.1300	28.0300	AGUA CALIENTE (TESOPACO)+	CAL 15 4 A 1 8	47	185	46	149	95 19d
SON064	109.1100	28.9100	AGUA CALIENTE ARROYO LA BATEA (TESOPACO)	CAL 15 4 A 1 8	45	239	40	163	99 19d
SON065	109.1600	28.1100	ARROYO CAJON DE AMADOR (TESOPACO)	18a 15 4 B 1 8	79	80	76	119	100 SODICO-CLORURADOS
SON066	108.3900	26.4900	AGUA CALIENTE ANTELO (ALAMOS)	18a 15 2 C 3 5	111	116	94	141	104 SODICO-CLORURADOS
SON067	108.5200	27.2700	AGUA CALIENTE LAS CHOYITAS (ALAMOS)	18e 15 2 C 1 5	107	95	53	118	24 CALCICO-SULFATADO
SON068	108.5200	27.2700	AGUA CALIENTE LAS CHOYITAS (ALAMOS)	18e 15 2 C 1 5	113	94	54	118	93 CALCICO-SULFATADO
SON069	108.5200	27.2800	AGUA CALIENTE LOS PILARES (ALAMOS)	18c 15 4 C 3 8	110	104	72	128	91 SODICO-SULFATADO
SON070	108.5200	27.2800	AGUA CALIENTE LOS PILARES	18e 15 2 C 3 5	110	104	50	121	100 CALCICO-SULFATADO
SON071	108.5200	27.2300	AGUA CALIENTE EL SALITRAL	18e 15 2 B 1 5	95	89	51	114	92 CALCICO-SULFATADO
SON072	108.5500	27.1600	AGUA CALIENTE EL VENADO (ALAMOS)	18c 15 2 B 1 5	63	84	37	107	75 SODICO-SULFATADO
SON073	108.5200	27.2200	LOS VENADOS (ALAMOS)	18e 15 2 C 1 5	117	100	53	120	98 CALCICO-SULFATADO
SON074	108.5400	27.2000	AGUA CALIENTE SAN ANDRES (ALAMOS)	18e 15 2 B 1 5	65	88	52	114	74 CALCICO-SULFATADO
SON075	108.5500	27.1900	LA TASAJERA (ALAMOS)	18e 15 2 C 1 5	104	99	46	113	95 CALCICO-SULFATADO
SON076	108.5500	27.1900	LA TASAJERA (ALAMOS)	18e 15 2 C 1 5	111	91	48	114	86 CALCICO-SULFATADO
SON077	109.0900	27.1300	LOS MEZCALES (ALAMOS)	18a 15 2 C 1 5	103	70	51	110	67 SODICO-CLORURADOS
TAM001	99.0100	22.3200	AGUA AZUFRADA (ANTIGUO MORELOS)	19c 15 8 F 1 5	*****	*****	*****	*****	**** NO DETERMINADO
TAM002	99.0600	23.3600	OJO CALIENTE (CD. VICTORIA)	19c 15 8 F 1 5	*****	*****	*****	*****	**** NO DETERMINADO
TAM003	98.2600	24.1400	OJO DE AGUA (JIMENEZ)	19c 15 8 F 1 5	*****	*****	*****	*****	**** NO DETERMINADO
TLAX001	98.2000	19.1800	BAZOS TERMALES SANTA CRUZ EL PORVENIR (M. MATAM)	19c 15 4 F 1 9	*****	*****	*****	*****	**** NO DETERMINADO
VER001	97.3600	21.3000	POBLADO SAN JERONIMO (TAMALIN).	18a 13 4 C 4 8	136	408	214	277	80 SODICO-CLORURADOS
VER001	97.3600	21.3000	POBLADO SAN JERONIMO (TAMALIN).	18a 13 4 C 4 8	136	106	267	176	80 SODICO-CLORURADOS
VER002	97.3600	21.3300	LAGUNA QUEMADA (TAMALIN).	18a 13 4 C 0 0	91	67	78	113	**** SODICO-CLORURADOS
VER002	97.3800	21.3300	LAGUNA QUEMADA (TAMALIN).	18a 13 4 B 1 8	71	-30	104	60	102 SODICO-CLORURADOS
VER003	97.3800	21.3000	POZO DOS BOCAS (TAMALIN).	18a 13 4 B 4 8	87	25	170	110	69 SODICO-CLORURADOS
VER004	97.1600	19.4500	SAN BARTOLO (ATZALAN).	18c 15 4 A 1 8	45	104	44	118	62 SODICO-SULFATADO
VER005	96.2700	19.3700	LOS BAZOS TINAJITAS (ACTOPAN).	18a 15 4 B 3 8	64	66	59	106	76 SODICO-CLORURADOS
VER006	96.3900	19.2200	LA CUMBRE (DOS RIOS).	18e 15 4 A 1 5	48	280	53	181	94 CALCICO-SULFATADO
VER007	96.3800	19.1900	EL CARRIZAL (APAZAPAN).	18e 15 4 B 1 5	66	463	62	225	88 CALCICO-SULFATADO
VER008	96.3100	18.4200	POBLADO LAZARD CARDENAS (TIERRA BLANCA).	18e 13 4 B 1 9	55	533	57	234	85 CALCICO-SULFATADO
ZAC001	102.1700	22.3300	BALNEARIO OJO CALIENTE (OJO CALIENTE).	18b 13 4 B 1 9	75	120	92	142	68 SODICO-BICARBONATADO
ZAC002	102.1700	22.3200	HUERTA RUTILO FRANCO (OJO CALIENTE).	18b 13 4 B 1 9	75	297	74	195	67 SODICO-BICARBONATADO

MANIFESTACIONES TERMALES DE LA REPUBLICA MEXICANA  
(Torres-Rodriguez, 1989)

No. ANOM	LONG.	LATITUD	NOMBRE DEL CAMPO O MANIFESTACION (MUNICIPIO)	C O D I G O	G E O T E R M O M E T R O S					TIPO DE FLUIDO
					K-Mg	Na-K	NaKCa	NaCa	SiO2	
					b=4/3	b=1/3				
ZAC003	102.1600	22.2900	VIZEDO EL ALPINO (OJO CALIENTE).	18b 13 4 B 1 9	81	250	84	186	85	SODICO-BICARBONATADO
ZAC004	102.1300	22.2600	RANCHO LA CIENEGUITA (OJO CALIENTE).	CAL 13 4 B 1 9	76	350	70	206	77 19d	
ZAC005	101.2600	22.3400	PRESA ROSARIO (PINOSI).	19c 15 4 B 1 8	93	297	95	204	92	NO DETERMINADO
ZAC006	102.4500	24.1300	ATOTONILCO DE LOS MARTINEZ (NIEVES).	18b 15 4 A 1 6	47	188	38	147	62	SODICO-BICARBONATADO
ZAC007	103.3500	24.1600	OJO CALIENTE SAN MARCOS (MIGUEL AUZA).	18e 15 4 A 1 8	45	201	30	148	233	CALCICO-SULFATADO.
ZAC008	103.0800	23.5200	BALNEARIO DEL EJIDO ALMOLOYA (RIO GRANDE).	18b 15 4 B 1 8	72	111	73	132	118	SODICO-BICARBONATADO
ZAC009	103.1500	23.3400	BAZITO DE FERRER (SAIN ALTO).	18b 15 4 B 1 9	90	148	46	136	103	SODICO-BICARBONATADO
ZAC010	103.1200	23.3500	OJO CALIENTE (SAIN ALTO).	19c 15 4 B 1 9	74	152	39	135	99	NO DETERMINADO
ZAC011	103.1500	23.3200	LAS ALBERCAS (SAIN ALTO).	18b 15 4 B 1 8	90	149	44	136	103	SODICO-BICARBONATADO
ZAC012	103.1600	23.3100	LAS JOYITAS ATOTONILCO (SAIN ALTO).	18b 15 4 B 1 8	76	121	36	122	98	SODICO-BICARBONATADO
ZAC013	103.1600	23.3200	BALNEARIO ATOTONILCO (SAIN ALTO).	18b 15 4 B 1 8	86	137	43	131	103	SODICO-BICARBONATADO
ZAC014	103.5100	23.3300	EL VERGEL (SOMBRERETE).	19d 15 4 B 1 9	62	166	36	139	110	CALCICO-BICARBONATADO
ZAC015	103.5100	23.0400	EL CARRIZO (JIMENEZ DE TEUL).	18c 15 4 B 3 8	77	75	50	108	66	SODICO-SULFATADO.
ZAC016	103.5100	23.0700	EL OBISPO (JIMENEZ DE TEUL).	18b 15 4 B 3 8	79	79	53	110	93	SODICO-BICARBONATADO
ZAC017	103.5100	23.1000	LAS CHICHIS (JIMENEZ DE TEUL).	18b 15 4 B 3 8	82	73	59	107	92	SODICO-BICARBONATADO
ZAC018	103.0100	23.2500	ALBERCAS EJIDALES EL BALUARTE (FRESHILLO).	18b 13 4 B 1 9	73	103	63	125	107	SODICO-BICARBONATADO
ZAC019	102.5800	23.1700	POZO IXTCC No. 2 (FRESHILLO).	18b 13 4 B 1 9	76	191	81	166	107	SODICO-BICARBONATADO
ZAC020	102.5700	23.1900	RANCHO HERMANOS ESPARZA (FRESHILLO).	18b 13 4 B 1 9	71	141	67	142	104	SODICO-BICARBONATADO
ZAC021	103.1300	23.0300	EJIDO TRUJILLO POZO NUEVO No. 3 (FRESHILLO).	18b 13 4 C 1 9	114	167	51	146	101	SODICO-BICARBONATADO
ZAC022	104.0100	22.3700	MANTANIAL ATOTONILCO (VALPARAISO).	18b 15 4 B 1 8	64	50	54	111	103	SODICO-BICARBONATADO
ZAC023	103.3500	22.4500	ATOTONILCO (VALPARAISO).	18b 15 4 B 1 8	61	-4	35	61	91	SODICO-BICARBONATADO
ZAC024	104.0400	22.3300	RIO ATENGO - SANTA ISABEL (VALPARAISO).	18b 15 4 B 3 8	94	49	98	109	108	SODICO-BICARBONATADO
ZAC025	103.3500	22.4000	EJIDO TEJONES POZO No. 2 (VALPARAISO).	18c 13 4 B 1 9	92	37	86	99	100	SODICO-SULFATADO.
ZAC026	103.3600	22.4600	BALNEARIO PRIVADO DE ATOTONILCO (VALPARAISO).	18b 15 4 B 1 9	98	33	76	94	82	SODICO-BICARBONATADO
ZAC027	102.5600	22.1300	HACIENDA LA ENCARNACION (VILLANUEVA).	18b 15 4 B 1 8	73	245	75	181	103	SODICO-BICARBONATADO
ZAC028	102.5400	22.0800	EL SALITRE, POBLADO DE ZAPOQUI (VILLANUEVA).	18b 15 4 B 1 8	81	84	62	116	119	SODICO-BICARBONATADO
ZAC029	102.5500	21.4000	POBLADO SANTA JUANA (JALPA).	18b 15 4 A 1 8	42	102	43	117	104	SODICO-BICARBONATADO
ZAC030	102.5600	21.4000	AGUA CALIENTE RANCHO TEPIZUASCO (JALPA).	18b 15 4 A 1 8	34	70	65	110	72	SODICO-BICARBONATADO
ZAC031	102.4900	21.4500	RIO CALVILLO, POBLADO LA HIGUERA (HUAMUSCO).	18b 15 4 C 1 8	134	211	71	168	123	SODICO-BICARBONATADO
ZAC032	103.0500	21.3000	BALNEARIO LA MEDIA LUNA (APOZOL).	18b 13 4 C 1 8	122	38	94	102	93	SODICO-BICARBONATADO
ZAC033	103.0500	21.3000	BALNEARIO EL CAYCAN, POBLADO S. MIGUEL (APOZOL)	18b 15 4 C 3 8	112	41	84	101	90	SODICO-BICARBONATADO

MANIFESTACIONES TERMALES DE LA REPUBLICA MEXICANA  
(Torres-Rodriguez, 1989)

No. ANOM	LONG.	LATITUD	NOMBRE DEL CAMPO O MANIFESTACION (MUNICIPIO)	C O D I G O	G E O T E R M O M E T R O S					TIPO DE FLUIDO
					K-Mg	Na-K	NaKCa	NaKCa	SiO2	
							b=4/3	b=1/3		
ZAC034	103.0500	21.2800	POZO BAZUELOS, MESA SAN MIGUEL (APOZOL).	18b 13 4 C 4 B	120	40	70	96	90	SODICO-BICARBONATADO
ZAC035	103.0600	21.2900	RANCHO LA LAGUNA (APOZOL).	18b 13 4 C 4 B	111	56	73	106	93	SODICO-BICARBONATADO
ZAC036	103.0600	21.2700	BENITO JUAREZ - EL RESCOLDO (APOZOL).	18b 13 4 C 1 B	146	99	108	137	107	SODICO-BICARBONATADO
ZAC037	103.0800	21.1400	RANCHO ACONGO (MOYAHUA).	18b 13 4 C 4 B	126	90	83	126	117	SODICO-BICARBONATADO
ZAC038	103.1000	21.1200	RANCHO EL OCOTE (MOYAHUA).	18b 15 4 B 3 B	78	72	75	114	114	SODICO-BICARBONATADO
ZAC039	103.1000	21.1100	RANCHO LAS MARAVILLAS (MOYAHUA).	18b 15 4 C 3 B	120	76	63	119	115	SODICO-BICARBONATADO
ZAC040	103.0900	21.0800	AGUA CALIENTE (MOYAHUA).	18c 15 4 B 3 B	100	50	84	105	124	SODICO-SULFATADO.
ZAC041	102.4600	22.5500	LAS ARRAS (VICTOR ROSALES).	18b 13 4 B 1 B	78	165	96	162	120	SODICO-BICARBONATADO
ZAC042	103.1900	21.1500	OJO CALIENTE (MEZQUITAL DEL ORD).	18b 15 4 B 1 B	74	11	69	77	119	SODICO-BICARBONATADO
ZAC043	103.2100	21.1300	AGUA CALIENTE LAS MINAS (MEZQUITAL DEL ORD).	18c 15 4 B 3 B	91	64	57	105	112	SODICO-SULFATADO.
ZAC044	103.2200	21.1000	AGUA AZUFRADA (MEZQUITAL DEL ORD).	18e 15 4 B 3 B	59	48	9	80	102	CALCICO-SULFATADO.

\*\*\* Total \*\*\*

118806.5 25116.2

\*\*\* 4531 \*\*\*\*\* 5083