

***Actualización de la disponibilidad media anual
de agua en el acuífero Uruapan (1614), Estado
de Michoacán***

*Publicada en el Diario Oficial de la Federación
20 de abril de 2015*

Actualización de la disponibilidad media anual de agua subterránea

Publicada en el diario oficial de la federación el 20 de Abril de 2015

El artículo 22 segundo párrafo de la Ley de Aguas Nacionales (LAN), señala que para el otorgamiento de una concesión o asignación, debe tomarse en cuenta la disponibilidad media anual del agua, que se revisará al menos cada tres años; sujetándose a lo dispuesto por la LAN y su reglamento.

Del resultado de estudios técnicos recientes, se concluyó que existe una modificación en la disponibilidad de agua subterránea, debido a cambios en el régimen natural de recarga, volumen concesionado y/o descarga natural comprometida; por lo que se ha modificado el valor de la disponibilidad media anual de agua.

La actualización de la disponibilidad media anual de agua subterránea publicada en este documento corresponde a una fecha de corte en el **Registro Público de Derechos de Agua al 30 de junio de 2014.**

CLAVE	ACUÍFERO	R	DNCOM	VCAS	VEXTET	DAS	DÉFICIT
		CIFRAS EN MILLONES DE METROS CÚBICOS ANUALES					
ESTADO DE MICHOACÁN							
1614	URUAPAN	97.3	29.5	28.053336	12.8	39.746664	0.000000

R: recarga media anual; DNCOM: descarga natural comprometida; VCAS: volumen concesionado de agua subterránea; VEXTET: volumen de extracción de agua subterránea consignado en estudios técnicos; DAS: disponibilidad media anual de agua subterránea. Las definiciones de estos términos son las contenidas en los numerales "3" y "4" de la Norma Oficial Mexicana NOM-011-CONAGUA-2015.

ACUIFERO 1614 URUAPAN

VERTICE	LONGITUD OESTE			LATITUD NORTE		
	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS
1	101	52	32.0	19	33	4.0
2	101	59	32.3	19	32	16.0
3	102	0	11.8	19	22	14.5
4	102	1	35.1	19	18	20.0
5	102	1	47.8	19	14	43.8
6	102	3	58.5	19	10	24.8
7	102	4	59.8	19	10	2.8
8	102	5	14.8	19	10	56.0
9	102	5	53.0	19	11	30.7
10	102	7	12.8	19	11	57.1
11	102	12	1.3	19	17	35.4
12	102	8	47.8	19	22	40.4
13	102	13	4.6	19	26	11.7
14	102	16	34.7	19	27	9.5
15	102	14	59.8	19	29	33.1
16	102	14	50.7	19	34	47.8
17	102	17	14.0	19	41	58.0
18	102	10	40.0	19	43	1.0
19	102	5	24.0	19	41	30.0
20	101	58	36.9	19	43	33.0
21	101	52	22.6	19	45	11.2
22	101	51	49.2	19	39	26.0
1	101	52	32.0	19	33	4.0



Comisión Nacional del Agua

Subdirección General Técnica

Gerencia de Aguas Subterráneas

Subgerencia de Evaluación y Modelación Hidrogeológica

*DETERMINACIÓN DE LA DISPONIBILIDAD
DE AGUA EN EL ACUÍFERO URUAPAN,
ESTADO DE MICHOACÁN*

México, D.F., 30 de abril de 2002

C O N T E N I D O

1. GENERALIDADES

1.1. LOCALIZACION

1.1.1. Coordenadas

1.1.2. Municipios

1.1.3. Población

1.2. SITUACION ADMINISTRATIVA DEL ACUIFERO

1.2.1. Decretos de Veda

1.2.2. Zonas de Disponibilidad

1.2.3. Organización de Usuarios

1.2.4. Distritos y Unidades de Riego

1.2.5. Usuarios Mayores de Agua Subterránea

2. ESTUDIOS TECNICOS REALIZADOS CON ANTERIORIDAD

3. FISIOGRAFIA

3.1. PROVINCIA FISIOGRAFICA

3.2. CLIMA

3.2.1. Temperatura Media Anual

3.2.2. Precipitación Media Anual

3.2.3. Evapotranspiración Potencial Media Anual

3.3. HIDROGRAFIA

3.3.1. Región Hidrológica

3.3.2. Cuenca

3.3.3. Subcuenca

3.3.4. Infraestructura Hidráulica

3.4. GEOMORFOLOGIA

4. GEOLOGIA

4.1. ESTRATIGRAFIA

4.2. GEOLOGIA ESTRUCTURAL

4.3. GEOLOGIA DEL SUBSUELO

5. HIDROGEOLOGIA

5.1. TIPO DE ACUIFERO

5.2. PARAMETROS HIDRAULICOS

5.3. PIEZOMETRIA

5.4. COMPORTAMIENTO HIDRAULICO

5.4.1. Profundidad al Nivel Estático

5.4.2. Elevación del Nivel Estático

5.4.3. Evolución del Nivel Estático

5.5. HIDROGEOQUIMICA Y CALIDAD DEL AGUA SUBTERRANEA

5.5.1. Familias de Agua

5.5.2. Calidad del Agua

6. CENSO DE APROVECHAMIENTOS E HIDROMETRIA

6.1. CENSO DE APROVECHAMIENTOS POR USO Y VOLUMEN EXTRAIDO

7. BALANCE DE AGUAS SUBTERRANEAS

7.1. ENTRADAS

7.1.1. Recarga Natural

7.1.2. Recarga Inducida

7.2. SALIDAS

7.2.1. Evapotranspiración

7.2.2. Descargas Naturales

7.2.3. Bombeo

7.2.4. Flujo Subterráneo

7.3. CAMBIO DE ALMACENAMIENTO

8. DISPONIBILIDAD

8.1. RECARGA TOTAL MEDIA ANUAL

8.2. DESCARGA NATURAL COMPROMETIDA

8.3. VOLUMEN CONCESIONADO DE AGUA SUBTERRANEA

8.4. DISPONIBILIDAD DE AGUAS SUBTERRANEAS

9. BIBLIOGRAFIA Y REFERENCIAS

ACUIFERO : URUAPAN

1. GENERALIDADES.

1.1. LOCALIZACION.

El área de estudio queda localizada en la porción occidental del Estado de Michoacán, esta cuenca geohidrológica tiene una superficie de 3,044.26 km², de los cuales 2,094.52 km² se considera como área de recarga y el resto 949.74 km² como área plana.

1.1.1. Coordenadas.

Coordenadas geográficas de la zona acuífera de “Uruapan”, estado de Michoacán

Vértice	LONGITUD OESTE			LATITUD NORTE			OBSERVACIONES
	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	
1	101	54	36.0	19	35	34.8	
2	101	54	57.6	19	33	43.2	
3	101	58	48.0	19	31	58.8	
4	102	0	46.8	19	33	7.2	
5	102	2	20.4	19	31	33.6	
6	102	0	57.6	19	29	13.2	
7	102	0	46.8	19	26	24.0	
8	102	0	7.2	19	24	36.0	
9	102	0	21.6	19	20	16.8	
10	102	2	49.2	19	18	7.2	
11	102	4	55.2	19	15	0.0	
12	102	9	50.4	19	12	54.0	
13	102	10	40.8	19	13	12.0	
14	102	12	39.6	19	17	13.2	
15	102	11	27.6	19	21	43.2	
16	102	11	31.2	19	24	7.2	
17	102	14	27.6	19	25	4.8	
18	102	16	33.6	19	27	10.8	
19	102	14	13.2	19	28	44.4	
20	102	14	6.0	19	31	37.2	
21	102	12	43.2	19	33	43.2	
22	102	14	9.6	19	35	13.2	
23	102	19	4.8	19	36	25.2	
24	102	19	51.6	19	39	39.6	
25	102	18	39.6	19	43	55.2	
26	102	16	12.0	19	45	0.0	

27	102	15	14.4	19	44	56.4	
28	102	13	26.4	19	44	6.0	
29	102	9	14.4	19	44	2.4	
30	102	7	30.0	19	43	48.0	
31	101	54	50.4	19	44	24.0	
32	101	53	31.2	19	40	15.6	
33	101	52	44.4	19	40	22.8	
34	101	51	46.8	19	42	43.2	
35	101	50	42.0	19	42	54.0	
36	101	50	24.0	19	38	27.6	
1	101	54	36.0	19	35	34.8	

1.1.2. Municipios.

Este acuífero está conformado por los municipios de Ario de Rosales, Charapan, Gabriel Zamora, Nahuatzen, Nuevo Parangaricutiro, Nuevo Urecho, Paracho, Salvador Escalante, Tancítaro, Taretan, Tingambato, Uruapan y Ziracuaretiro.

Participación Municipal en el Acuífero Uruapan

CLAVE	MUNICIPIO NOMBRE	% PARTICIPACIÓN
009	Ario de Rosales	5
021	Charapan	30
033	Gabriel Zamora	5
056	Nahuatzen	40
058	Nuevo Parangaricutiro	90
059	Nuevo Urecho	10
065	Paracho	100
079	Salvador Escalante	35
083	Tancitaro	15
087	Taretan	100
090	Tingambato	65
102	Uruapan	80
111	Ziracuaretiro	100

1.1.3. Población.

Los principales centros de población localizados en el área de estudio son:

CLAVE	NOMBRE	No. DE HAB.
021	Charapan	12,003
056	Nahuatzen	22,032
058	Nuevo Parangaricutiro	14,650
065	Paracho	30,747
079	Salvador Escalante	38,236
083	Tancitaro	23,412
087	Taretan	12,777
090	Tingambato	11,079
102	Uruapan	250,794
111	Ziracuaretiro	11,479

Las poblaciones más importantes localizadas en la zona de estudio, son: Charapan, Cherán, Nahuatzen, Nuevo Parangaricutiro, Paracho, Taretan, Tingambato, Uruapan y Ziracuaretiro.

1.2. SITUACION ADMINISTRATIVA DEL ACUIFERO.

1.2.1. Decretos de Veda.

El 27 de junio de 1975, por decreto se declara de interés público la conservación de los mantos acuíferos en la zona del Bajo Balsas, estableciendo veda por tiempo indefinido para la extracción, alumbramiento y aprovechamiento de aguas del subsuelo en dicha zona. Además el 20 de octubre de 1987 por decreto se declara de interés público, la conservación de los mantos acuíferos y el aprovechamiento de las aguas del subsuelo en todos los municipios del resto del Estado de Michoacán. Ambos decretos establecen vedas, que de acuerdo a sus características, permiten extracciones limitadas para usos doméstico, industrial, de riego y otros, por lo cual se clasifican como vedas de control.

1.2.2. Zonas de Disponibilidad de Acuerdo a la Ley Federal de Derechos Vigentes.

MUNICIPIO		
CLAVE	NOMBRE	ZONA DE DISPONIBILIDAD
009	Ario de Rosales	4
021	Charapan	4
033	Gabriel Zamora	2
056	Nahuatzen	2
058	Nuevo Parangaricutiro	2

059	Nuevo Urecho	4
065	Paracho	4
079	Salvador Escalante	3
083	Tancitaro	2
087	Taretan	4
090	Tingambato	3
102	Uruapan	2
111	Ziracuaretiro	2

1.2.3. Organización de Usuarios.

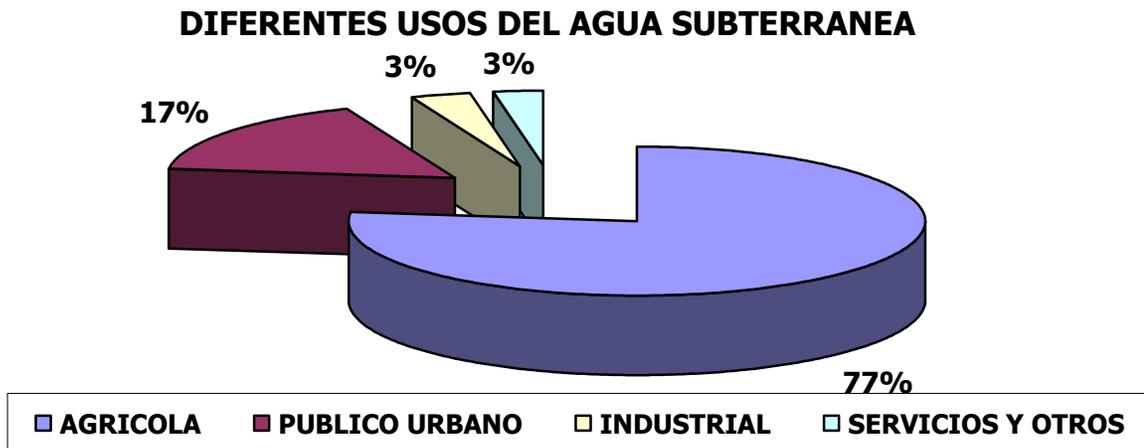
Dentro de la zona de estudio los usuarios del agua subterránea, no están organizados bajo ninguna figura asociativa.

1.2.4. Distritos y Unidades de Riego.

Esta zona de estudio no se encuentra dentro de la jurisdicción de ningún Distrito de Riego.

1.2.5. Usuarios Mayores de Agua Subterránea.

Los principales usuarios del agua subterránea en este acuífero son los productores agrícolas (aguacate), en segundo término se encuentran los organismos operadores y comités de agua potable, el tercer lugar lo ocupa el uso industrial (embotelladoras y Papelera Uruapan) y por último el uso de servicio y otros.



2.- ESTUDIOS TECNICOS REALIZADOS CON ANTERIORIDAD.

Del Estudio Geohidrológico en los Valles de Uruapan y Coahuayana, Mich., realizado por ARIEL CONSTRUCCIONES, S. A., 1980, se resume lo siguiente:

Los escurrimientos del Río Cupatitzio analizados en las estaciones hidrométricas Cupatitzio y La Tzararacua, son básicamente producto de las aportaciones de una serie de manantiales que manifiestan variaciones en sus descargas durante el año. Los volúmenes medios anuales de escurrimiento en la primera de las estaciones fue de 9.35 m^3 y en la segunda de 13.33 m^3 , correspondiendo a una superficie drenada de la cuenca de 235.9 km^2 y 407.6 km^2 , respectivamente (1980).

Del análisis de los hidrogramas de dichas estaciones, no es posible definir en forma clara y precisa las curvas de decaimiento, por lo que puede inferirse que la extensión de los acuíferos debe ser tal, que conforman una cuenca geohidrológica mucho mayor que la topográfica estudiada, lo que les confiere una capacidad de regulación que es capaz de amortiguar los efectos de la lluvia, traducidos a escurrimientos superficiales.

La zona de Uruapan está vedada por decreto, para el mejor control de las extracciones, uso y aprovechamiento de las aguas del subsuelo.

Se censaron 77 alumbramientos de agua subterránea, de los cuales 39 son pozos, 35 manantiales y 3 norias. Los caudales aportados por los manantiales son sin duda los más importantes, pues los aforos que se pueden realizar y que corresponden nada más a derivaciones aprovechadas, fueron del orden de $0.94 \text{ m}^3/\text{s}$ ($29.5 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{año}$), en tanto que los pozos y norias fue de unos $0.24 \text{ m}^3/\text{s}$ ($7.72 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{año}$).

Únicamente se trató de los manantiales que fue posible aforar, por lo que la cifra correspondiente a las aportaciones totales de los mismos fue bastante mayor, y que fue del orden del escurrimiento aforado en las estaciones hidrométricas Cupatitzio y La Tzararacua.

El 80% ($6.35 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{año}$) de los volúmenes extraídos por los pozos fue para la agricultura, específicamente al riego de huertas de aguacate; el 19% ($1.31 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{año}$) a la industria y el restaurante, 1% ($0.07 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{año}$) a usos domésticos. Del volumen derivado de los manantiales, el 85% ($25.2 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{año}$) se dedicó al abastecimiento de agua potable de las poblaciones, destacando las derivaciones a Uruapan con $1.47 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{año}$.

Las unidades litológicas que por su permeabilidad funcionan como confinantes de fondo (basamento geohidrológico), son los granitos (Ktig) y las riolitas y brechas (Qtrvb) que las sobreyacen. Entre Uruapan y Taretan forman un parteaguas geohidrológico subterráneo que divide en dos direcciones al flujo de agua subterránea, siguiendo un patrón de escurrimiento similar al superficial, definido por los ríos Cupatitzio y su tributario El Acúmbaro.

Los basaltos y brechas alteradas (Qtvba) más antiguos se caracterizan por los efectos del intemperismo que los han convertido en arcillas. Presentan bajas permeabilidades, siendo la productividad de los pozos perforados en esta unidad, entre los 100 y 150 m, de unos 5 a 10 lps en los casos más productivos, abatimientos piezométricos casi totales dentro de la cámara de bombeo.

Permeabilidad también bajas caracterizan a los depósitos de aluvión (Qal), formada por suelos arcillosos. Al sur de Uruapan y en valle del mismo nombre sobreyacen a los basaltos y brechas alteradas, funcionando como una sola unidad geohidrológica.

Los basaltos y brechas recientes (Qvbs) forman la unidad que presenta mejores características de permeabilidad, constituyendo el mejor acuífero regional. Descansan sobre los basaltos y brechas alteradas de baja permeabilidad, siendo entre el contacto de estas dos unidades litológicas donde brotan los manantiales de la zona.

Los conos cineríticos también presentan alta permeabilidad y como sobreyacen a los basaltos y brechas recientes, funcionan en estos casos como una sola unidad geohidrológica.

La calidad del agua subterránea es excepcionalmente buena, cumpliendo con holgura las normas de calidad del agua potable, desde un punto de vista químico y con base en el muestreo realizado.

Tanto por métodos piezométricos como geoquímicos, en la porción suroriental de Uruapan, el sentido de escurrimiento del flujo subterráneo es en general de noreste a suroeste, de las estribaciones del Cerro de la Cruz, pasando por la planicie donde se localiza el aeropuerto hasta el cauce del Río Cupatitzio.

En el área, al poniente de Nuevo San Juan Parangaricutiro, el sentido general con que fluye el agua subterránea es de noroeste a sureste, apuntando también hacia el cauce del Río Cupatitzio.

Por medio de prospecciones geofísicas fue posible determinar espesores de los basaltos y brechas permeables (Qvbs); los contactos entre éstos y los basaltos y brechas alteradas (Qtvba), y a profundidad, dentro de esta última unidad, acuíferos en coladas fracturadas menos alteradas y por tanto más permeables, en contacto con los acuíferos superiores sobreyacientes de la unidad Qvbs.

La explotación de los acuíferos por medio de pozos, representa un serio problema regional; en primer lugar porque el nivel de saturación de los acuíferos está regido por la topografía subterránea de la unidad Qtvba, en general accidentada, que origina concentraciones caprichosas del flujo subterráneo, representando su captación serias dificultades, no obstante su alta potencialidad. En segundo lugar, por el elevado costo de las perforaciones, motivado por la dureza de los materiales acuíferos Qvbs.

Por una serie de factores insuperables no fue posible efectuar, ni en cantidad ni en cuanto a su distribución, pruebas de bombeo. Los resultados obtenidos indican transmisividades muy bajas

del orden de $10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$, correspondientes a la unidad denominada basaltos y brechas alteradas (Qtvba).

La zona oriental del área estudiada, que comprende de la cuenca del Río Acúmbaro, por lo que parece ser la que menos riesgo ofrece en la explotación de sus acuíferos, en lo que se refiere a las afectaciones sobre escurrimientos superficiales comprometidos (como los del Río Cupatitzio), o sobre manantiales con señalado interés turístico (como los de la Rodilla del Diablo en el Parque Nacional de Uruapan).

3. FISIOGRAFIA.

3.1. PROVINCIA FISIOGRAFICA.

El área de estudio se halla enclavada en la porción sur del Eje Neovolcánico, presentando una topografía accidentada de formas altas y redondeadas, originadas por la gran cantidad de volcanes que se han formado, con alturas que varían entre 3,600 a 1.800 msnm, como El Tancítaro y Cerro Prieto entre los más relevantes.

En estas grandes estructuras, localizadas principalmente en la porción noroccidental del área, se desarrollo un sistema de drenaje de tipo radial.

Hacia el suroeste del área se pueden apreciar una serie de mesetas con alturas que varían entre los 1,400 msnm, cortadas por cañadas labradas por tributarios del Río Cupatitzio, principal escurrimiento superficial de la zona reconocida.

3.2. CLIMA.

En el área de estudio se identificaron dos tipos de clima, el predominante estuvo representado por la estación climatológica de Uruapan, definiendo un clima templado- húmedo- semifrío-isotermal (según Koppen).

Hacia la porción sur del área estudiada, debido al notable descenso de la topografía principalmente, el clima para a ser cálido subhúmedo, a la altura de Taretan.

3.2.1. Temperatura.

La temperatura media anual fue de 19° C , con temperaturas extremas de 30° C en los meses de mayo y junio.

3.2.2. Precipitación Media Anual.

La precipitación media anual fue de 1,600 mm (Estación Uruapan), cuya incidencia mayor ocurre en los meses de junio, julio, agosto y septiembre.

3.2.3. Evapotranspiración Potencial Media Anual.

En cuanto a la evapotranspiración potencial, esta fue de alrededor de 1,200 mm/año.

3.3. HIDROGRAFIA

3.3.1. REGION HIDROLÓGICA: RIO BALSAS

3.3.2. CUENCA: RIO TEPALCATEPEC

3.3.3. SUBCUENCA: RIOS CUPATITZIO, LA PAROTA Y PARACHO

3.3.4. Infraestructura Hidráulica.

Dentro del área de estudio se encuentran la Presa Derivadora de Zumpimito, donde se aprovechan sus aguas para la generación de energía eléctrica, Presa Cupatitzio (para generación de electricidad), Presas Derivadoras de Charapendo y Jicalán, para riego agrícola en el Municipio de Gabriel Zamora.

3.4. GEOMORFOLOGIA.

Los principales rasgos fisiográficos del área referida se hallan representados por topofomas de carácter volcánico monogenético, lomeríos ondulados y valles intramontanos de carácter aluvial, aparatos adyacentes típicos de la Meseta Purépecha.

Los materiales aflorantes que conforman la zona montañosa más alta del estado, está representada principalmente por el Cerro Tancítaro, el cual es un estrato volcán, formado por emisiones alternates de lava y cenizas volcánicas con grandes espesores; la mayor parte de los afloramientos en la zona son de origen Plio Cuaternario.

Del Cerro San marcos provienen coladas basálticas, formando arcillas de color gris mezclado con bloques de basalto de color rojizo y grisáceo. Debido a la gran cantidad de gases que se combinaron con las lavas, se originaron una serie de cavernas que por acción de las aguas sufrieron disolución, logrando una circulación subterránea de las aguas meteóricas, fenómeno que se observa a simple vista por la presencia de los resumideros que conservan una forma ovalada y que varía de diámetro.

4. GEOLOGIA.

4.1. ESTRATIGRAFIA.

Las rocas que cubren toda esta zona son principalmente ígneas extrusivas basálticas, piroclásticos y brechas, y en menor extensión intrusivas grafíticas hacia el sur del área de estudio.

Riolitas y brechas (Qtrvb).

Estas rocas afloran en la porción suroriental del área, consistentes de riolitas de color café rosado que alternan con brechas. Su mejor exposición se puede ver en el Cerro El Guayabo.

Debido a su similitud litológica con otros derrames, además de estar cubiertas discordantemente por los derrames de basaltos y brechas alteradas, se les asigna tentativamente una edad correspondiente al Terciario. Por su estructura masiva y compacta, estas rocas presentan muy baja permeabilidad y funcionan como confinantes.

Basaltos y brechas alteradas (Qtrvba).

Estos derrames y brechas alteradas se encuentran expuestos en la porción suroccidental del área, formando una serie de mesetas.

Una de las mejores exposiciones de dichos afloramientos se localizan en el entronque de la carretera Uruapan-Apatzingán y la Av. Lázaro Cárdenas, donde se observa una brecha volcánica color café amarillento, compuesta por fragmentos angulosos de basalto color gris verdoso a café rojizo, con cristales visibles de plagioclasa. Esta brecha está contenida en una matriz de basalto alterado y convertido en arcilla, debido al efecto del intemperismo; además, se puede ver cubierta discordantemente por un derrame de basalto reciente de color café rojizo.

Sobre la carretera que comunica a Uruapan con Apatzingán, a la altura del km 87+500, se vuelve a observar estas brechas basálticas totalmente alteradas y convertidas en arcilla, de un color que varía del café rojizo al verde. Más adelante, a la altura del entronque que va de la Presa Cupatitzio, estos piroclásticos y basaltos alterados cubren discordantemente a un granito.

Este mismo tipo de brechas se pueden ver sobre el camino a Cusato, y en la porción nororiental, antes de llegar a Zirimícuaro.

El espesor de esta unidad se observó sobre el cauce del Río Cupatitzio, a la altura del Rancho Quetzalcóatl, siendo del orden de los 100 m.

Por el grado de alteración que presenta esta unidad y por estar cubriendo discordantemente a los granitos, se le asigna en forma tentativa una edad correspondiente al Terciario Superior-Cuaternario Inferior.

Basaltos y brechas recientes (Qvbs).

Esta unidad litológica se localiza principalmente en la porción norte del área estudiada, formada por una serie de derrames de basalto que alternan con brechas basálticas, como son los derrames de los estratos volcanes de los cerros de Tancítaro, Pancingo, Volcán Paricutín, Cerro Prieto; al norte de San Lázaro, por los cerros del Horno y del Santísimo; al norte y noreste de la población de Uruapan, por los cerros La Cruz, El Metate y Colorado, y al norte de Taretan, por el Cerro El Colorado.

Esta unidad litológica está compuesta por alternancias de derrames de basalto de color gris oscuro, con espesores que varían de 2 a 5 m y brechas basálticas compuestas por clásticos angulosas de basalto que tienen tamaños variables de peñascos a gravas.

Esta serie volcánica se puede observar claramente a unos 3 km al noreste de San Juan Parangaricutiro, lo mismo que en la porción oriental, al norte de Zirimícuaro y Taretan.

Por la posición que guardan con respecto a los basaltos alterados que sobreyacen, se les asigna una edad correspondiente al Cuaternario Superior Reciente.

Conos cineríticos (Qbc).

Con este nombre se designa a una serie de conos volcánicos que se hallan ubicados principalmente al norte de Uruapan y noreste de San Juan Parangaricutiro, constituidos por cenizas volcánicas y tezontle con algunos derrames basálticos. Su forma típica es de un cono.

Por la posición que guardan con respecto a los basaltos recientes, a los que cubren, se les asigna una edad correspondiente al Cuaternario Reciente.

Aluvión (Qal).

Esta unidad se localiza al sur de Uruapan y sobre el valle del mismo nombre, formada por suelos y arcillas que varían de color café rojizo a gris oscuro.

Por su posición con respecto a los basaltos cuaternarios, se les asigna una edad correspondiente al Reciente.

Granitos (Ktig).

El afloramiento principal de estas rocas se localiza sobre la carretera Uruapan-Apatzingán, a la altura del entronque con la brecha que va a la Presa Cupatitzio, donde se puede observar que es de color gris claro, grano medio compuesto de cuarzo, biotita y plagioclasas.

Manifiesta una estructura masiva, con fracturas verticales sumamente cerradas y con rumbo norte-sur. En el sitio indicado se puede ver que por su grado de alteración se convierte en arenas limosas color café anaranjado, y además, como está cubierta discordantemente por los derrames y brechas de basalto alterado.

Por la similitud que tienen con respecto a otros granitos con los que se correlaciona, se le asigna una edad del Cretácico Inferior y Terciario Inferior.

4.2. GEOLOGIA ESTRUCTURAL

Con respecto a la geología estructural, el área forma parte de la Provincia Neovolcánica Purépecha, perteneciente al Eje Neovolcánico, presentando una topografía accidentada de formas altas y redondeadas, originadas por la gran cantidad de volcanes que se han formado, como lo comprueba la aparición del Volcán Parícutín.

Estas grandes estructuras se localizan principalmente en la porción noroccidental del área y hacia el suroeste se puede apreciar una serie de mesetas.

El subsuelo del área de estudio, se clasifica en tres unidades:

- a).- La primera, compuesta por alternancias de basaltos y brechas recientes con grado de alteración generalmente bajo y buena permeabilidad.
- b).- La segunda, identificada como brechas basálticas alteradas del Terciario Superior, con una baja permeabilidad.
- c).- La tercera unidad, se trata de una alternancia de derrames basálticos y brechas, en donde dominan los basaltos con un grado bastante alto de alteración y permeabilidad bastante baja.

Corresponde a una colada basáltica bastante fracturada por causa de enfriamiento rápido, en donde las juntas parecen tener un poco de material fino, producto de alteración, que permite un cierto drenaje en comparación con los diferentes derrames basálticos que rodean este horizonte.

4.3. GEOLOGIA DEL SUBSUELO.

Pozo: Santiago Tingambato Coordenadas: 19° 32' 39" L.N. y 101° 48' 37" L.W.		Pozo : Jicalán Coordenadas: 19° 22' 55" L. N. Y 102° 04' 15" L. W Altitud : 1580 msnm		Pozo : San Rafael Coordenadas: 19° 18' 15" L. N. Y 101° 38' 05" L. W. Altitud : 2,400 msnm	
Prof. (m) DE - A	DESCRIPCION	Prof. (m) DE - A	DESCRIPCION	Prof. (m) DE - A	DESCRIPCION
0 - 1	CENIZAS Y MATERIALES RESIDUALES SECOS.	0 - 2	SUELO RESIDUAL.	0-15	SUELO RESIDUAL.
1 - 2	CENIZAS CON ARCILLAS.	2 - 17	PIROCLASTOS.	15-35	AGLOMERADO VOLCANICO.
2 - 10	FRAGMENTOS Y PEDACERIA DE ROCAS, ENPACADOS	17-62	ESCORIAS	35-	PIROCLASTOS.
		62 - ?	BASALTOS		

	EN CENIZAS CON ARCILLAS CON TRAZAS DE SATURACION.				
10 - 30	ROCA FRACTURADAS Y ALTERADA CON BAJAS POSIBILIDADES DE SATURACION.				
30- 200	EMISIONES DE ROCAS VOLCANICAS EN ALTERNANCIA DE CONDICIONES DE COMPACTAS A LIGERAMENTE FRACTURADAS.				
200-	ROCA COMPACTA E IMPERMEABLE.				

Pozo: La Carrera Coordenadas: 19° 06' 40" L.N. y 101° 40' 11" L.W.		Pozo : Los Zitúnes Coordenadas: 19° 20' 50" L. N. y 102° 14' 55" L. W. Altitud : 2,800 msnm		Pozo : Aranzal Coordenadas Altitud :	
Prof. (m) DE - A	DESCRIPCION	Prof. (m) DE - A	DESCRIPCION	Prof. (m) DE - A	DESCRIPCION
0 - 1.2	CAPA ARABLE..	0 - 1	SUELO RESIDUAL.	0 - 5	ARENAS BASALTICAS FINAS DE COLOR GRIS.
1.2 - 4.4	ARCILLAS.	1 - 3	ARCILLA HUMEDAD.	5 - 8	GRAVAS MEZCLADAS CON ARENAS BASALTICAS.
4.4 - 20	ROCA IGNEA (BRECHA VOLCANICA).	3 - 18	BASALTO.	8 - 9	CAVERNA.
20 - 125	TOBAS.	18 - 90	TOBA.	9 - 14	ARENAS CEMENTADAS ESTRATIFICADAS.
125 - ?	ARENAS.	72 -	BASLTO.	14 - 17	CAVERNA.
				17 - 28	BRECHAS BASALTICAS ALTERADAS.

28 - 31	ARENAS FRAGMENTOS BASALTICOS.	Y
31 - 38	GRAVA GRUESA EMPACANDO FRAGMENTOS DE BASALTO ESCOREACEO ROJIZO.	
38 - 45	ARENA NEGRA CEMENTADA CON GRIETAS.	
45 - 46	CAVERNA.	
46 - 47	BRECHAS VOLCANICAS CON AGUA.	
47 - 48	ARENAS NEGRAS ESTRATIFICADAS.	
48 - 57	BASALTO ESCORECEO INTERCALADO CON BRECHAS.	
57 - 58	CAVERNA.	
58 - 62	BASALTO FRACTURADO.	
62 - 69	ARENAS CEMENTADAS ESTRATIFICADAS.	
69 - 70	BRECHAS VOLCANICAS.	
70 - 77	ARENAS ESTRATIFICADAS.	
77 - 80	BRECHAS VOLCANICAS.	
80 - 83	BRECHAS ESTRATIFICADAS.	
83 - 89	BASALTOS FRACTURADOS.	
89 - 96	BRECHAS BASALTICAS.	
96 - 102	BASALTOS ESCOREACEOS.	
102-110	BRECHAS FRACTURADAS.	
110-118	HORIZONTE DE ARENAS PIROCLASTICAS.	

5. HIDROGEOLOGIA.

5.1. TIPO DE ACUIFERO.

Las diferentes unidades geológicas que afloran en la zona de estudio, presentan características hidrogeológicas de permeabilidad, porosidad y transmisividad.

Estas rocas están formadas por lavadas de composición ácida, intermedia y básica, las cuales forman un paquete de unidades hidrogeológicas denominadas acuiflujos primarios. En vista de que su origen o formación adquieren características de permeabilidad de baja a nula, sin embargo, las riolitas y andesitas, debido al tectonismo a que se ha visto sujeto, existen factores importantes para modificar sus condiciones originales, propiciándose en ellas cierto grado de permeabilidad secundaria por fracturamiento, dando origen a la formación de algunos manantiales, originados al circular el agua de precipitación fluvial sobre estas formaciones.

La descarga de estos manantiales se establece teniendo como regular el nivel de saturación en el sistema de fracturamiento de estas rocas efusivas; su descarga es regulada a su vez por la recarga que ocurre en el acuífero de medios granulares, en forma general el acuífero descarga a unidades hidrogeológicas adyacentes con niveles topográficos bastante más bajas localizadas al sur de la zona, por sus características geohidrológicas el acuífero es considerado como libre.

Cabe hacer mención que los acumulamientos de agua que existen aquí, son de acuíferos colgados y de buena producción, debido a que toda la infiltración y escurrimiento fluye hacia las zonas más bajas, encontrándose dentro del Valle del Cupatitzio.

5.2. PARAMETROS HIDRAULICOS.

Debido a que el estudio se realizó durante la temporada de lluvias, los pozos existentes no entran en operación sino hasta los primeros meses del año; por otro lado, como ya se mencionó, en muchos de ellos no se pudo recabar permiso para entrar ni siquiera a las fincas, debido a que los dueños no viven en el lugar; por último, en su mayoría en los pozos no hay espacio u orificio para introducir la sonda.

Toda esta serie de motivos limitó severamente la posibilidad de escoger aprovechamientos para efectuar pruebas de bombeo. Dicha opción quedó reducida prácticamente a los pozos dedicados a uso industrial, llevándose a cabo pruebas en sólo tres aprovechamientos.

Los datos obtenidos no permiten interpretaciones y los restantes deben ser tomados con reserva, pues corresponden a tiempos de bombeo muy cortos, debido a que las bombas funcionan automáticamente, de acuerdo con los niveles en los depósitos de agua.

**RESULTADOS DE PRUEBAS DE BOMBEO
TRANSMISIVIDADES EN m²/s**

No. POZO	PROF. (m)	N.E. (m)	N.D. (m)	Q (lps)	T m²/s	TIEMPO HRS.	C.E. lps/m
13	127.70	6.00	58.90	9	4.4 x 10 ⁻⁴	1.5	0.17
8	125.00	55.00	65.03	14	4.3 x 10 ⁻³	6.0	1.40
8	55.00	6.83	39.02	1.7		3.0	0.05

Los pozos en que se hicieron las pruebas de bombeo se localizan en la zona urbana de la ciudad de Uruapan, y están contruidos sobre las unidades litológicas: suelos residuales (Qal), de unos cuantos metros de espesor, y derrames de basalto y brechas alterados (Qtvba), caracterizadas en la interpretación hidrogeológica del levantamiento como unidades con bajas permeabilidades, quedando confirmada esta apreciación cualitativa con los valores de la transmisividad obtenidas.

5.3. PIEZOMETRIA.

No. POZO	ELEVACION BROCAL (msnm)	PROF. N.E. (m)	PROF. N.D. (m)	ELEVACION N.E. (msnm)
P-11	1608.824			
P-12	1599.021	2.25	80.00	1596.50
P-14	1607.522	3.60	54.00	1603.52
P-15	1606.309	55.00	65.00	1551.31
P-16	1614.437	6.83		1607.18
P-23	2219.732	80.00	140.00	
P-24	2161.629	70.00		2091.50
P-25	2195.622	80.00	140.00	2115.36
P-26	2199.284	59.00	102.00	2140.04
P-27	2100.823	45.00	84.00	2055.82
P-28	1609.841	42.00	60.30	1567.51
P-34	1589.975	16.00		1573.98
P-35	1590.817	6.00		1584.82
N-41	1598.902	2.18		1595.92
N-42	1604.063	2.66		1601.40
N-43	1609.000	7.80		1601.20

Los resultados anteriores corresponden a datos reportados en el Estudio Geohidrológico Preliminar de la Zona Uruapan y Coahuayana, Mich., durante el mes de septiembre del año de 1980 (época de lluvias).

5.4. COMPORTAMIENTO HIDRAULICO.

5.4.1. Profundidad al Nivel Estático.

Del análisis de las profundidades al nivel estático en el acuífero, se observa que en

5.4.2. Elevación del Nivel Estático.

Analizando la elevación del nivel estático registrado en los aprovechamientos de la zona, se puede deducir que el movimiento del agua tiene un comportamiento con dirección de noreste a suroeste, desde las estribaciones del Cerro La Cruz, pasando por la planicie donde se localiza el aeropuerto hasta el cauce del Río Cupatitzio.

Al poniente de Nuevo San Juan Parangaricutiro, el sentido del flujo de agua subterránea es en general de noroeste a sureste.

5.4.3. Evolución del Nivel Estático.

Después del último recorrido piezométrico realizado durante el año de 1980, como parte de los trabajos ejecutados para el “Estudio Geohidrológico de los Valles de Uruapan y Coahuayana, Mich.”, realizados por la empresa ARIEL CONSTRUCCIONES, S.A.; esta zona ha sido poco estudiada, por lo que la información es escasa y sólo se puede contar con pocos datos de campo, los resultan insuficientes para establecer de manera precisa la evolución piezométrica que ha ocurrido desde 1980.

5.5. HIDROGEOQUIMICA Y CALIDAD DEL AGUA SUBTERRANEA.

Con el objeto de obtener un conocimiento primario de la calidad del agua subterránea y de sus características químicas, se tomaron muestras de 40 alumbramientos en la zona de Uruapan (1980).

5.5.1. Familias de Agua.

La configuración de las curvas de igual valor de los índices determinados, proporcionó de una manera cualitativa los sentidos que sigue el flujo subterráneo, ya que el agua al circular por las diferentes formaciones geológicas, disuelve y arrastra en el sentido de escurrimiento a las sales solubles de las mismas.

En la configuración de sólidos totales, se aprecia en las porciones central y occidental del área, un flujo general del agua subterránea proveniente del norte con dirección sur, que muestra la tendencia a converger hacia Uruapan y el cauce del Río Cupatitzio.

Curvas de igual concentración del calcio y del magnesio.- La presencia de calcio y magnesio en concentraciones mayores de 150 a 200 ppm, producen el efecto llamado dureza de las aguas. Las bajas concentraciones permiten calificar al agua subterránea de la región estudiada, como blanda, muy lejos de ser dura.

Aunque la convergencia del flujo subterráneo en las porciones central y occidental del área, se marca hacia los manantiales principales de Uruapan, en el nacimiento del Cupatitzio y en general hacia su cauce, al sur; el flujo principal no proviene del norte, sino al parecer, más bien del noroeste y oeste.

En la porción oriental del área, el flujo principal parece provenir del poniente y noroeste de Tejerías y del Cerro Colorado, respectivamente, para proseguir con rumbo sur hacia Taretan.

Curvas de igual concentración de los bicarbonatos.- En la configuración de los valores de este anión se confirma el esquema general del flujo subterráneo en ambas porciones del área, así como la presencia del partaguas subterráneo coincidente con el meridiano 102° 00', a la altura de Tejerías.

5.5.2. Calidad del Agua.

La calidad del agua subterránea en la zona de Uruapan, se consideró excepcionalmente buena, inclusive cumpliendo holgadamente con las normas de calidad establecidas para el agua potable, al menos por lo que respecta a las muestras que fueron analizadas durante el año de 1980.

No se realizaron análisis lo suficientemente completos para clasificar el agua según su origen, pero seguramente se trató de agua meteórica de reciente infiltración, dado el mecanismo del funcionamiento del acuífero, cuyas altas permeabilidades permiten una rápida infiltración de agua de lluvia y no menos rápida circulación en el subsuelo.

6. CENSO DE APROVECHAMIENTOS E HIDROMETRIA.

6.1. CENSO DE APROVECHAMIENTOS POR USO Y VOLUMEN EXTRAIDO.

Según el historial administrativo de la Subgerencia de Ingeniería, se estima que existen aproximadamente 220 aprovechamientos, distribuidos de la siguiente forma:

U S O	No. DE APROV.	%	VOL. EXTRAIDO (Mm ³)
AGRICOLA	151	68.63	8.810
PUBLICO URBANO	10	4.55	0.583
SERVICIOS Y OTROS	17	7.73	0.992
INDUSTRIAL	42	19.09	2.450
T O T A L:	220	100.00	12.835

En el estudio realizado en 1980, no fue posible registrar la totalidad de los niveles piezométricos, situación generada principalmente por que los aprovechamientos se encontraban resguardados por instalaciones que impedían el fácil acceso, carecían de orificios para la introducción de la sonda eléctrica y la difícil localización de los propietarios.

7. BALANCE DE AGUAS SUBTERRANEAS.

7.1. ENTRADAS.

7.1.1. Recarga Natural.

La recarga natural del acuífero es producto principalmente de la infiltración provocada por las fuertes lluvias que se presentan en la región.

Debido a las buenas condiciones de permeabilidad de gran parte de los materiales que cubren la Meseta, la mayor proporción del agua precipitada en la zona se infiltra y se drena verticalmente hasta llegar a constituir acuíferos o bien hasta manifestarse en forma de manantiales en puntos topográficamente más bajos.

La recarga vertical se considera como incógnita por ser el parámetro más inconsistente; en este caso en particular se le suma el volumen que descargan los manantiales de la zona, ya que es la recarga vertical mínima que se presenta en el acuífero, por lo que: $r_v = R_v + 92.731$

7.1.2. Recarga Inducida.

Debido a la carencia de información, no es posible conocer la magnitud de la recarga inducida debido a la infiltración por excedentes del riego.

7.2. SALIDAS.

7.2.1. Evapotranspiración.

En esta unidad hidrogeológica se consideró el despreciar las pérdidas por evapotranspiración, ya que no existen zonas donde los niveles estáticos sean muy someros (0 - 3 m).

7.2.2. Descargas Naturales.

Las marcadas diferencias de permeabilidad ocasionan el afloramiento de importantes manantiales, como los que dan origen al río Cupatitzio en Uruapan; Para el caso de este acuífero se consideraron como descargas del mismo, con una producción anual del orden de 29.5 Mm^3 .

Cabe señalar que se trata únicamente de los manantiales que es posible aforar, por lo que la cifra correspondiente a las aportaciones totales de los mismos es bastante mayor.

$$S_m = 29.5 \text{ Mm}^3/\text{año}$$

7.2.3. Bombeo.

Con fundamento en el historial administrativo de la Subgerencia de Ingeniería, se establece que la extracción total a través de 220 aprovechamientos, es del orden de $12.835 \text{ Mm}^3/\text{año}$.

$$S_b = 12.835 \text{ Mm}^3/\text{año}$$

7.2.4. Flujo Subterráneo.

En la porción sureste de Uruapan el movimiento del agua subterránea en forma general, es de noreste a suroeste, desde las estribaciones del Cerro La Cruz hasta el cauce del Río Cupatitzio y al poniente de San Juan Parangaricutiro el sentido del flujo subterráneo es de noroeste a sureste, descargando en forma general hacia otras unidades hidrogeológicas adyacentes con niveles topográficos bastante más bajos, localizadas hacia el sur de la zona de estudio, la descarga es del orden de $55.0 \text{ Mm}^3/\text{año}$.

7.3. CAMBIO DE ALMACENAMIENTO.

La capacidad de almacenamiento es muy grande, es capaz de amortiguar los efectos de la lluvia traducido a escurrimientos superficiales por una infiltración significativa. Los gastos promedio del escurrimiento del río Cupatitzio son de $9.35 \text{ m}^3/\text{s}$, y $13.33 \text{ m}^3/\text{s}$, en las estaciones Cupatitzio y Tzararacua respectivamente, correspondiendo una gran parte al drenado de los acuíferos.

De acuerdo con el levantamiento hidrogeológico, la capacidad de almacenamiento está en función de su enorme extensión, razón por la cual se estima no existen variación en el almacenamiento, ya que los niveles estáticos no han evolucionado, la problemática que se presenta es debido a que el flujo subterráneo se concentra caprichosamente según el relieve topográfico subterráneo.

ECUACIÓN DE BALANCE

$$\begin{array}{l} \text{RECARGA TOTAL} \\ \text{(SUMA DE ENTRADAS)} \end{array} = \begin{array}{l} \text{CAMBIO DE} \\ \text{ALMACENAMIENTO DE LA} \\ \text{UNIDAD} \\ \text{HIDROGEOLOGICA} \end{array} + \begin{array}{l} \text{DESCARGA TOTAL} \\ \text{(SUMA DE SALIDAS)} \end{array}$$

Entradas

$$r_v = R_v + 29.5$$

$$R_v = ?$$

Salidas

$$S_b = 12.835 \text{ Mm}^3/\text{año}$$

$$S_m = 29.5 \text{ Mm}^3/\text{año}$$

$$S_{fh} = 55.0 \text{ Mm}^3/\text{año}$$

Por lo tanto, aplicando la ecuación de balance tenemos,

$$r_v = \Delta v + (S_b + S_m + S_{fh})$$

$$\text{Sustituyendo } r_v = R_v + 29.5$$

$$R_v + 29.5 = \Delta v + (S_b + S_m + S_{fh})$$

Despejando R_v y Sustituyendo valores:

$$R_v = 0 + (12.835 + 29.5 + 55.0) - 29.5$$

$$R_v = 67.835 \text{ Mm}^3/\text{año}$$

8. DISPONIBILIDAD

Para el cálculo de la disponibilidad del agua subterránea, se aplica el procedimiento indicado en la Norma Oficial Mexicana NOM-011-CNA-2000, que establece las especificaciones y el método para determinar la disponibilidad media anual de las aguas nacionales, que en la fracción relativa a las aguas subterráneas establece la expresión siguiente:

Disponibilidad media anual de agua subterránea en una unidad hidrogeológica	=	Recarga total media anual	-	Descarga natural comprometida	-	Volumen anual de agua subterránea concesionado e inscrito en el REPDA
---	---	---------------------------	---	-------------------------------	---	---

8.1 Recarga total media anual

La recarga total media anual, corresponde con la suma de todos volúmenes que ingresan al acuífero, en forma de recarga natural más la recarga inducida, que para el acuífero Uruapan es de 97.3 millones de metros cúbicos por año ($\text{Mm}^3/\text{año}$).

8.2 Descarga natural comprometida

La descarga natural comprometida, se cuantifica mediante medición de los volúmenes de agua procedentes de manantiales o de caudal base de los ríos alimentados por el acuífero, que son aprovechados y concesionados como agua superficial, así como las salidas subterráneas que deben de ser sostenidas para no afectar a las unidades hidrogeológicas adyacentes. Para el acuífero Uruapan la descarga natural comprometida es de 29.5 Mm³/año.

8.3 Volumen anual de agua subterránea concesionado e inscrito en el REPDA

En el acuífero Uruapan el volumen anual concesionado, de acuerdo con los títulos de concesión inscritos en el Registro Público de Derechos de Agua (REPDA), de la Subdirección General de Administración del Agua, al 30 de abril de 2002 es de 17,352,292 m³/año.

8.4 Disponibilidad de aguas subterráneas

La disponibilidad de aguas subterráneas conforme a la metodología indicada en la norma referida, se obtiene de restar al volumen de recarga total media anual, el valor de la descarga natural comprometida y el volumen de aguas subterráneas concesionado e inscrito en el REPDA:

$$50,447,708 = 97,300,000 - 29,500,000 - 17,352,292$$

La cifra indica que existe volumen disponible de 50,447,708 m³ anuales para nuevas concesiones en la unidad hidrogeológica denominada acuífero Uruapan en el Estado de Michoacán.

9. BIBLIOGRAFIA Y REFERENCIAS.

- SECRETARIA DE AGRICULTURA Y RECURSOS HIDRAULICOS.- ESTUDIO GEOHIDROLOGICO EN LOS VALLES DE URUAPAN Y COAHUAYANA, MICH.- ARIEL CONSTRUCCIONES, S. A., 1980.- CONTRATO No. GZA-80-14 GD.
- PROSPECCIÓN GEOLÓGICA Y GEOFÍSICA EN LA ZONA DE TEPALCATEPEC, LOS REYES, MICHOACÁN.- PREPARADO POR GEOPE, S. A. 1979.- CONTRATO N° GZA-79-9-ED