Posibilidades Acuíferas en sedimentos Continentales Terciarios de la República Mexicana

*Jorge Antonio Trujillo Candelaria**

INTRODUCCION

En el país, las aguas subterráneas se encuentran principalmente en tres diferentes tipos de rocas:

- 1.— Sedimentos clásticos continentales.
- 2.— Rocas volcánicas basálticas.
- 3.— Sedimentos marinos.

Actualmente la producción acuífera más importante, tal vez el 70% del total, se obtiene de los primeros.

Los sedimentos clásticos continentales están constituidos esencialmente por gravas, arenas y arcillas, con diferentes grados de selección y consolidación.

Hasta hace poco tiempo, a las unidades litológicas formadas por estos elementos clásticos, se les denominaba simplemente rellenos aluviales y se les consideraba de edad cuaternaria.

Recientes investigaciones efectuadas en la Dirección de Geohidrología y de Zonas Áridas de

la S.A.R.H., han demostrado que la mayor parte de las unidades litológicas clásticas del Altiplano y del Noroeste del País, son en realidad de edad terciaria, depositados en cuencas lacustres y aluviales, en épocas de gran actividad volcánica y tectónica.

Para dar una idea de la formación de las cuencas en que se depositaron los clásticos continentales durante el Período Terciario, enseguida se presenta una interpretación sintetizada de la Geología Histórica de México desde el Cretácico hasta nuestros días.

GEOLOGIA HISTORICA

PERIODO CRETACICO

El Período Cretácico, tuvo una duración de 60 millones de años, durante ese tiempo, gran parte de lo que ahora es territorio mexicano, estuvo ocupado por mares, permaneciendo emergidas parcialmente algunas áreas que en la actualidad forman la Sierra Madre Occidental, la Península de Baja California, en aquel tiempo unida longitudinalmente al Continente y a la Sierra Madre del Sur. (Fig. 1). El resto del país se encontraba sumergido en mares de diferentes profundidades, en los que se depositaron sedimentos predominantemente calcáreos, que alcanzaron espesores de miles de metros.

* Dirección de Geohidrología y Zonas Áridas de la S.A.R.H.

Fig. 1.— Plano paleogeográfico del Cretácico Superior de México.

Fig. 2.— Plano paleogeográfico del Paleoceno—Eoceno de México.

Cerca del final del Cretácico, grandes movimientos de la corteza terrestre de la Orogenia Laramide, provocaron que los fondos marinos se plegaran iniciándose la formación de la Sierra Madre Oriental.

PERIODO TERCIARIO

Terminado el Período Cretácico, hace unos 70 millones de años, se inició el Período Terciario, el cual se divide en cinco épocas que son de más antigua a más joven; Paleoceno (10), Eoceno (20), Oligoceno (15), Mioceno (15), Plioceno (9). Los números entre paréntesis indican su duración en millones de años.

Al comenzar el Período Terciario, durante el Paleoceno y Eoceno Inferior, la actividad de la Orogenia Laramide se incrementó notablemente acelerando el plegamiento y levantamiento de las sierras y transformando en áreas emergidas el norte y centro del país. (Fig. 2).

En el Eoceno Medio, la Orogenia Laramide terminó y como consecuencia de ella se había formado una gran cuenca cerrada, limitada al W por la Península de Baja California (unida al continente) y la Sierra Madre Occidental, al S por la Sierra Madre del Sur y al E por la recién formada Sierra Madre Oriental. Hacia el Norte la cuenca se prolonga entre la Sierra Nevada y las Montañas Rocosas, en territorio de los Estados Unidos de Norteamérica.

En esa cuenca se depositaron en condiciones aluviales y lacustres, grandes volúmenes de sedimentos clásticos de tipo molasse, característicos de la fase final de una etapa orogénica, los cuales están representados en toda el área por unidades litológicas que se conocen con el nombre genérico de Conglomerados Rojos, esta etapa estuvo acompañada de vulcanismo. (Fig. 3).

En el Oligoceno continuó el vulcanismo, al Sureste, la Península de Yucatán emergió parcial-

mente y al Noroeste la Península de Baja California inició su despegue del Continente.

Durante el Mioceno y Plioceno, existió gran actividad volcánica; en ese tiempo, a lo largo de la Sierra Madre Occidental, se formaron gigantescas acumulaciones de rocas efusivas predominantemente riolíticas, cuyo afloramiento está considerado como uno de los más grandes del mundo. En la parte central del País, una ancha franja que va de Puerto Vallarta, Jal., en el Océano Pacífico a las cercanías del Puerto de Veracruz en el Golfo de México, se vio afectada por un movimiento de placas tectónicas el cual dió lugar a la formación de profundos gravens y a la aparición de numerosos volcanes de tipo andesítico y basáltico, iniciándose la formación del Eje Neovolcánico. (Fig. 4).

La acumulación de materiales volcánicos en la gran cuenca propició el bloqueo de drenes, dando lugar a la formación de extensas zonas lacustres en los que se depositaron enormes cantidades de sedimentos clásticos, constituidos por gravas, arenas y arcillas, derivados principalmente de rocas volcánicas, provenientes de la erosión de las montañas circundantes. En esas zonas lacustres se presentaron, ocasionalmente, condiciones que facilitaron la deposición de yesos y calizas.

Intervalos de estabilidad permitieron el desarrollo de vida acuática, predominando las diatomeas, cuyos restos fósiles microscópicos, han ayudado a determinar la edad y el medio ambiente de depósito.

El vulcanismo y la sedimentación se presentaron simultáneamente en esta época, por lo que sus productos se encuentran intercalados y en ocasiones mezclados, formando rocas volcanoclásticas de composición compleja.

La gran cuenca, que al principio del Terciario debió presentar un relieve demasiado abrupto, al final del mismo presentaba las características de un altiplano, pues los productos de la erosión de las montañas y los depósitos volcánicos habían rellenado las partes bajas dándole un aspecto relativamente plano, y una altura media de unos 2,000 m.s.n.m.

Fig. 3.— Distribución geográfica de la Cuenca Sedimentaria del Terciario Inferior en México.

Fig. 4.— Plano paleogeográfico del Mioceno—Plioceno de México.

Fig. 5.— Mapa geográfico del Reciente de México.

PERIODO CUATERNARIO

Al iniciarse el Período Cuaternario, hace aproximadamente 1 millón de años, los ríos del Pacífico y del Golfo iniciaron el drenado del Altiplano, desapareciendo paulatinamente los lagos y sometiendo a toda el área a un proceso de intensa erosión que persiste en nuestros días, el cual es propiciado por la geomorfología del territorio, ya que las corrientes que lo drenan, debido al gran desnivel entre el Altiplano y la Costa, tienen regímenes turbulentos con gran capacidad de arrastre. (Fig. 5).

Dadas las condiciones en que se está desarrollando el Cuaternario en el país; caracterizado más por la erosión que por el depósito, se considera que el espesor de los sedimentos de esta edad es muy reducido.

En este período, el vulcanismo se ha presentado principalmente a lo largo del Eje Neovolcánico, produciendo rocas andesíticas y basálticas.

ESTRATIGRAFIA

Se describe la columna estratigráfica del Terciario Continental, de la base hacia la cima.

CONGLOMERADOS ROJOS (Eoceno—Oligoceno)

Descanzando discordantemente sobre rocas cretácicas o más antiguas, se observan en numerosas localidades del Altiplano, unidades litológicas, constituidas por conglomerados formados por fragmentos arredondados de caliza, riolitas, andesitas, rocas metamórficas, granitos, etc.; predominando algunos de ellos según la región de que se trate, empacados en una matriz arcillosa o arcilloarenosa de color generalmente rojo, razón por la cual se les conoce como Conglomerados Rojos. (Fig. 6).

Intercalados con los conglomerados, se encuentran capas de lutitas, areniscas, calizas lacustres, yeso y tobas de composición riolítica y andesítica.

Normalmente se presentan en estratos bien definidos con echados fuertes, afectados por fallas y fracturas, siendo por lo contrario muy raros los pliegues.

Los siguientes autores han estudiado algunas formaciones de este tipo:

Salas, 1949. Formación Huajapan en Oax.

Edward, 1956. Conglomerados Rojos en Zacatecas, Guanajuato y Taxco.

Fries, 1960. Grupo Balsas en Morelos y Guerrero.

Bryan, 1948. Grupo El Morro en Hidalgo y México.

Rogers *et. al.*, 1961. Formación Ahuichila en Coahuila, Zacatecas y Dgo.

Su espesor es muy variable aún en cortas distancias; Edwards 1956, midió secciones de 2,000 m., 418 m. y 475 m., en Guanajuato, Zacatecas y Taxco, respectivamente.

No ha sido fácil determinar la edad de los Conglomerados Rojos, debido a su escasez de fósiles, sin embargo, en base a restos del cráneo de un pequeño roedor colectado por Fries, 1952 en Guanajuato se le dió edad Eoceno—Oligoceno, la que se ha ido corroborando por otros medios como se verá más adelante.

ROCAS INTRUSIVAS (Eoceno—Oligoceno)

Es frecuente encontrar cuerpos intrusivos afectando a los Conglomerados Rojos, como el Tronco de Riodacita de La Imagen en Acahuizotla, Gro., 25 kms., al Sur de Chilpancingo, el cual intruiona al Grupo Balsas. A este cuerpo se le determinó por métodos radiométricos una edad de 39 ± 5 millones de años antes del presente, (De Cserna, 1974), lo que equivale a Eoceno Superior.

Fig. 6. — Distribución de los afloramientos de Sedimentos Continentales del Eoceno—Oligoceno, en México.

ZONA	LOCALIDAD	UNIDAD	EDAD
1	7 KM. AL SE DE CUAPIAX-TLA, TLAX.	TERCIARIO LACUSTRE	PLIOCENO MEDIO.
3	KM. 10 CARRETERA IXMI-QUILPAN, TULA, HGO.	FORMACION ATOTONILCO	PLIOCENO MEDIO.
5	KM. 8.5 CARRETERA HUI-CHAPAN-TECOZAUTLA, HGO.	FORMACION TARANGO.	PLIOCENO SUPERIOR
9	JOCOTEPEC, JAL.	FORMACION CHAPALA	PLIOCENO MED-SUP
12	POBLADO LA PLAYA MANUEL DOBLADO, GTO.	TERCIARIO LACUSTRE	PLIOCENO MED-SUP
15	JALPA, ZAC.	TERCIARIO LACUSTRE	PLIOCENO MEDIO.
16	ALMOLOYA DE ALQUISIRAS, EDO. DE MEX.	FORMACION CUERNAVACA	PLIOCENO SUPERIOR
20	LOMA LARGA VILLA DE REYES, S.L.P.	FORMACION STO.DOMINGO	PLIOCENO SUPERIOR.

ANALISIS EFECTUADOS POR J. JIMENEZ R. 1977.

Fig. 7.— Correlaciones cronoestratigráficas basadas en diatomeas.

En el Estado de Morelos, El Tronco de Granodiorita de Tlaica, 10 km., al Sureste de Cuautla intrusión al Grupo Balsas y se le determinó por el mismo método que al interior, una Edad de 30 ± 3 millones de años antes del presente, lo que equivale a Oligoceno Superior (De Cserna, 1974).

ROCAS VOLCANICAS (Oligoceno)

Intercaladas hacia la cima de los Conglomerados Rojos y cubriéndolos, se observan en toda el área, unidades volcánicas de tipo riolítico y andesítico. Algunas de estas unidades ya han sido estudiadas, como la Riolita Tilzapotla (Fries, 1960), la cual en Morelos y Guerrero cubre al Grupo Balsas. En la localidad tipo tiene un espesor de 250 m. Su edad se determinó por el método radioactivo plomo alfa, aplicado sobre Circón y resultó 25 ± 10 millones de años antes del presente (Jaffe *et al.* 1958), lo cual equivale a Oligoceno Superior, afianzando la edad Eoceno Oligoceno de los Conglomerados Rojos subyacentes.

Otros afloramientos de este tipo, son:

Grupo Pachuca (Segerstrom, 1961) consistente de rocas volcánicas andesíticas, riolíticas y basálticas, las cuales en el Estado de Hidalgo y Norte del Estado de México, descansan sobre los Conglomerados Rojos del Grupo El Morro.

Su espesor puede ser algo mayor de 1,000 m., y su edad por correlación estratigráfica se considera Oligoceno.

Formación Vizcarra (De la Vega, 1968). Descansa sobre la Formación Ahuichila en el Area de Cuencamé, Dgo., y consiste de tobas riolíticas y algunos derrames andesíticos y basálticos. Por posición estratigráfica se le ha dado edad Oligoceno-Mioceno.

MIOCENO-PLIOCENO

Descansando discordantemente sobre los Conglomerados Rojos o sobre rocas más antiguas, se encuentran en el Altiplano Mexicano y el Noro-

este del país, una gran cantidad de clásticos continentales y materiales volcánicos de edad Mioceno-Plioceno.

Muy pocas de estas unidades litológicas han sido descritas como formaciones e inclusive, frecuentemente se les ha confundido con sedimentos recientes.

Enseguida se presenta una relación de formaciones consideradas de esta edad.

Formación Tarango (Bryan 1948) Clástico y volcánico, basáltico y andesítico, aflora en el D.F., Méx. e Hgo., edad por estudio de diatomeas: Plioceno Medio-Plioceno Superior (Jiménez R., 1977).

Formación Tepoztlán (Fries, 1960) Clástica y volcánica andesítica, aflora en el Estado de Morelos, edad por posición estratigráfica: Mioceno Inferior.

Formación Cuernavaca (Fries, 1960) Clástica y volcánica andesítica. Aflora en el Estado de Morelos, edad por Diatomeas: Plioceno Superior (según Jiménez R., 1977).

Toba Don Guinyo (Segerstrom, 1961) Volcánica riolítica, aflora en el Estado de Hidalgo, edad por restos de plantas: Plioceno Inferior.

Formación Santa Inés (Pantoja, 1963) Conglomerados de caliza y de rocas volcánicas, aflora en el Estado de Durango, edad por posición estratigráfica: Plioceno Superior Pleistoceno.

Formación Chilpancingo (Ordóñez-Bosc, 1899) Clástica lacustre aflora en el Estado de Guerrero (De Cserna, 1965) le da edad Plioceno y la correlaciona con la formación Cuernavaca.

Formación La Zorra (De la Vega, 1968) Volcánica basáltica con intercalaciones de arenisca, aflora en Durango. Edad por posición estratigráfica: Mioceno-Plioceno.

Formación San José (De la Vega, 1968) Clástica, aflora en el área de Cuencamé, Dgo., edad por posición estratigráfica: Plioceno Superior.

Formación Santo Domingo (Carrillo Bravo, 1971) Clásticos, lacustres y fluviales, aflora en S.L.P. Edad por diatomeas: Plioceno Superior (según Jiménez R., 1977).

Para la datación de edades de unidades sedimentarias lacustres del Altiplano, se han practicado análisis palinológicos a base de diatomeas. Algunos resultados se muestran en la Fig. 1.

PERIODO CUATERNARIO

Se considera que los sedimentos depositados durante este período, en el Antiplano, son en general de poco espesor, dado que el área se encuentra en una etapa de intensa erosión.

En el Valle de México, aflora la Formación Becerra, constituida por sedimentos lacustres (Arellano, 1953), el límite Sur del Valle, lo constituyen rocas basálticas del Grupo Chichinautzin (Fries, 1960).

GEOLOGIA ESTRUCTURAL

Las unidades litológicas del Terciario Inferior Continental, tanto clástico como volcánicas, se presentan en estructuras complejas, afectadas por fallas que se produjeron durante el Eoceno, al finalizar la Revolución Laramide. Durante el Oligoceno, continuó la deformación debido al emplazamiento de numerosos cuerpos intrusivos.

Durante el Mioceno y Plioceno, el intenso vulcanismo y el fallamiento, dieron lugar al bloqueo de corrientes y a la formación de fosas tectónicas, dando origen a extensas y profundas zonas lacustres y valles aluviales, donde se depositaron grandes volúmenes de sedimentos. En El Bolsón de El Hueco, en el área de Ciudad Juárez, los sedimentos lacustres y fluviales del Grupo Santa Fé del Mioceno-Plioceno tienen 3,000 metros de espesor (Mattick, 1967).

En muchos lugares, etapas volcánicas y sedimentarias sucesivas produjeron la alternancia de ambos tipos de rocas. El tectonismo, la erosión y la perforación de pozos, han puesto en evidencia esta situación.

En la Cuenca del Valle de México, hace años se perforó con fines de exploración acuífera, el Pozo Texcoco No. 1 en terrenos del antiguo lago. La profundidad del pozo fue de 2,065 metros, habiéndose atravesado una secuencia formada por rocas volcánicas y sedimentarias encontrando en el fondo, yesos y conglomerados del Grupo Balsas.

En lo que va del Período Cuaternario, la erosión es el agente que más ha actuado en la conformación de las estructuras del área en estudio, salvo a lo largo del Eje Neovolcánico donde se han presentado grandes emisiones volcánicas, tan recientes como la del Parícutín en el año de 1943, en el Estado de Michoacán.

GEOHIDROLOGIA

El interés de estudiar las posibilidades acuíferas de los sedimentos continentales Terciarios, se despertó en el autor, en el año de 1973 al analizar los resultados de un pozo perforado por la Dirección de Geohidrología y de Zonas Áridas junto al poblado de San Alto, en la porción Noroccidental del Estado de Zacatecas (Fig. 8). En ese pozo, la producción acuífera importante, se encontró al atravesar una capa de toba riolítica que cubre un depósito de grava y arena, de gran permeabilidad; una revisión de campo comprobó que en un lugar relativamente cercano aflora una secuencia geológica semejante a la cortada en el pozo.

Dado que las rocas riolíticas y andesíticas del área son consideradas de edad Terciario Medio y Superior, se les tomó como "Horizontes Índices", así las rocas subyacentes a ellas se consideran de edad terciaria a más antigua.

Existen grandes afloramientos de sedimentos continentales terciarios en los que la cubierta volcánica no se presenta, ya sea porque se erosionó o porque nunca se depositó, en estos lugares su iden-

SIMBOLOGIA

CONGLOMERADO

TOBA RIOLITICA

GRAVA Y ARENA.

NIVEL ESTATICO -----15.13 M.

NIVEL DINAMICO-----25.33M.

CAUDAL-----100. L.P.S.

AGUA TERMAL.

Fig. 8.— Columna litológica del pozo Sain Alto, Zac.

tificación como sedimentos terciarios se dificulta más, dada su semejanza con sedimentos recientes, siendo necesario recurrir a análisis palinológicos.

Como siguiente paso, se revisaron gran número de cortes litológicos de pozos, seleccionando los que habían logrado atravesar rocas volcánicas y alcanzado sedimentos clásticos continentales, asimismo, se visitaron y estudiaron afloramientos que presentaban esas características, primero en el propio Estado de Zacatecas y luego en los estados vecinos; de este modo, el área de estudio fue creciendo hasta abarcar todo el Altiplano y recientemente la porción Noroeste del país.

Los resultados de esta primera etapa del estudio fueron muy alentadores, obteniéndose las siguientes conclusiones:

CONCLUSIONES

1).— Se ha comprobado que grandes afloramientos de sedimentos clásticos continentales considerados hasta hace poco tiempo de edad cuaternaria, son en realidad de edad terciaria.

2).— La mayor proporción del agua subterránea que se explota en el País, proviene de acuíferos en sedimentos clásticos continentales de edad terciaria.

3).— Es factible obtener buena producción acuífera mediante la perforación de pozos sobre rocas riolíticas o andesíticas impermeables, ya que se ha comprobado que en algunos lugares, éstas descansan o están intercaladas con unidades constituidas por clásticos continentales permeables. Esto abre a la explotación acuífera extensas áreas del país, antes desechadas por estar ocupadas superficialmente por rocas volcánicas impermeables. (Figs. 9 y 10).

4).— Los límites fisiográficos de una cuenca, si están formados por rocas volcánicas impermeables, no necesariamente serán los límites hidrológicos de la misma, pues puede existir circulación subterránea de agua a través de sedimentos clásticos subyacentes.

5).— Una gran proporción de pozos y manantiales en este tipo de acuíferos, produce agua termal (Fig. 11) y este termalismo está asociado principalmente a rocas de tipo riolítico.

6).— Algunas unidades de sedimentos terciarios continentales, son tan impermeables que pueden actuar como confinantes.

A principios de 1975 presenté este nuevo concepto geohidrológico al Ing. Heinz Lesser Jones, Director de Geohidrología y de Zonas Áridas, de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, habiendo recibido su apoyo para el desarrollo del estudio a detalle que se está llevando a cabo.

BIBLIOGRAFIA

- ALONSO, E.H., de ANDA, L.F., y MOOSER F., 1964. Focos Termales en la República Mexicana. *Bol. Asoc. Mex. de Geol. Petro.*, Vol. XVI, Nos. 7 y 8.
- ALVAREZ, M., 1961. Orogenias Pre-Terciarias en México. *Bol. Asoc. Mex. de Geol. Petro.*, Vol. XIV, Nos. 1 y 2.
- ANDERSON, D.L., 1971. Deriva Continental y Tectónica de Placas. *Selecciones de Scientific American*.
- BRYAN, K., 1948. Los Suelos Complejos y Fósiles de la Altiplanicie de México, en relación a los cambios climáticos. *Bol. Soc. Geol. Mex.*, Vol. XIII; 1ra. parte.
- CLIETT, T., 1969. Groundwater Occurrence of the El Paso Area and Its Related Geology. *Guidebook, New Mexico Geological Society, XX Field Conference*.
- CORDOBA, D., 1969. Hoja Ciudad Juárez 13 R-a (3). *Instituto de Geología U.N.A.M.*
- DE CSERNA, Z., 1955-1956. Excursiones A-9 y C-12, Hoja No. 7, *XX Cong. Geol. Intern. México*.
- DE FORD, R.K., 1969. Some Keys to the Geology of Northern Chihuahua. *Guidebook, New Mexico Geological Society, XX Field Conference*.
- DE LA VEGA, E., 1963. Hoja Cuernavaca 13 R-1 (7). *Instituto de Geología U.N.A.M.*
- DEWEY, J.F., 1972. Placas Tectónicas. Deriva Continental y Tectónica de Placas. *Selecciones de Scientific American*.
- DIETZ, R.S. y HILDEN, J.C., 1970. La Desintegración de la Pangea. *Selecciones de Scientific American*.
- EDWARDS, J.D., 1956. Estudio Sobre Algunos de los Conglomerados Rojos del Terciario Inferior del Centro de México. *XX Cong. Geol. Intern. México*.
- FRIES, C., 1956. Bosquejo Geológico de las partes Central y Occidental del Estado de Morelos y áreas contiguas de Guerrero y México. Libro Guía de la Excursión C-9. *XX Cong. Geol. Intern. México*.
- FRIES, C., 1957. Bosquejo Geológico de la Región entre México, D.F. y Acapulco, Guerrero. *Bol. Asoc. Mex. de Geol. Petro.*, Vol. IX, Nos. 5 y 6.
- LAHIEE, F.H., 1955. *Geología Práctica*. Editorial Omega.

- LOPEZ, E., 1961. Comentarios sobre la tectónica de México. *Bol. Asoc. Mex. de Geól. Petro.* Vol. XIV, Nos. 9 y 10.
- LOPEZ, E., 1974. Geología General y de México. *Edición Escolar.*
- LOWELL, W.R., 1956. Tertiary Geologic History of the Rocky Mountains in Montana, U.S.A. *XX Cong. Geol. Intern. México.*
- MALTTICK, R.E., 1967. A Seismic and Gravity Profile Across The Hueco Bolson, Texas. *U.S.G.S. Prof. Paper 575-D.*
- PETTIJOHN, F.J., 1963. Rocas Sedimentarias. *Editorial Universitaria de Buenos Aires.*
- SALAS, G.P., 1949. Bosquejo Geológico de la cuenca sedimentaria de Oaxaca. *Bol. Asoc. Mex. de Geól. Petro.* Vol. I, No. 2.
- SCHLAEPFER, C., y DE PABLO, G.L., 1971. Minerales arcillosos e interpretación sedimentológica de las Capas Rojas de la Formación Yanhuitlán, Oaxaca. *Bol. Asoc. Mex. de Geól. Petro.* Vol. XXIII, Nos. 7-12.
- SCHULSE, G., 1953. Conglomerados Terciarios Continentales en la Comarca Lagunera de Durango y Coahuila y sus Relaciones con Fenómenos Igneos, Geomorfológicos y Climatológicos. *Bol. Inst. Nat. Invest. Rec. Miner.,* No. 30.
- SEGERSTROM, K., 1961. Geología del Suroeste del Estado de Hidalgo y del Noroeste del Estado de México. *Bol. Asoc. Mex. de Geól. Petro.,* Vol. XIII, Nos. 3 y 4.
- SEGERSTROM, K., 1961. Estratigrafía del área Bernal Jalapan, Estado de Queretaro. *Bol. Asoc. Mex. de Geól. Petro.,* Vol. XIII, Nos. 5 y 6.
- VILLALOBOS, C.J., 1969. El Probable Gran Acuífero Taboada, Gogorrón. *Inst. Geol. y Metal.* Folleto Técnico No. 22., *Universidad Autónoma de San Luis Potosí.*
- VINIEGRA, F., 1965. Geología del Macizo de Teziutlán y la Cuenca Cenozoica de Veracruz. *Bol. Asoc. Mex. de Geól. Petro.,* Vol. XVII, Nos. 7-12.

EJIDO DE CRISOSTOMOS
MPIO. A SIEN TOS.
EDO. AGUASCALIENTES
CLAVE: PAB-30

SIMBOLOGIA

TOBA RIOLITICA

ARENA Y GRAVA

N. E. = 5.95 M.

N. D. = 6.50 M.

CAUDAL = 33 L.P.S.

TEMPERATURA = 30°C

Fig. 9.— Columna litológica del pozo Crisostomos.

MARAVILLAS MPIO DE NORIA DE ANGELES, ZAC.

LITOLOGIA

SIMBOLOGIA

Grava y arena

Toba riolítica

N. E. = 27.41 m

N. D. = 70.07 m

CAUDAL = 81.75 Lps

Fig. 10.— Columna litológica del pozo Explomin 3.

Fig. 11.— Localización de manantiales termales, en México.