



UNIVERSIDAD NACIONAL DE MEXICO

INSTITUTO DE GEOLOGIA

DIRECTOR:

ING. MANUEL SANTILLAN

ANALES
DEL
INSTITUTO DE GEOLOGIA
TOMO VI

HIDROGEOLOGIA DEL VALLE DE MORELIA, MICH.

POR EL

ING. APOLINAR HERNANDEZ

HIDROGEOLOGIA DE LA ZONA DE TENANGO DEL VALLE,
ALMOLOYA DEL RIO, AMOMOLULCO
Y SUS VERTIENTES EN EL ESTADO DE MEXICO

POR EL

ING. APOLINAR HERNANDEZ Y LUIS BLASQUEZ



TALLERES GRAFICOS DE LA NACION

MEXICO, D. F. - 1936



LA IMPRESION DE ESTE VOLUMEN SE LOGRO GRACIAS A LA
BONDADOSA COOPERACION DE LA SECRETARIA DE LA
ECONOMIA NACIONAL, QUE COSTEO LA EDICION

CONTENIDO

	Págs.
INTRODUCCION.	3-5
FISIOGRAFIA.	6-9
HIDROGRAFIA.	9-12
Río Grande de Morelia.	10-11
,, Chiquito.	11-12
Aforos.	12
GEOMORFOGENIA.	13
Lista de Alturas.	13-17
GEOLOGIA.	17-25
Rocas.	17
Andesitas.	17-18
Tobas Andesíticas.	18-19
Riolitas.	19
Tobas Riolíticas.	19-20
Brecha Riolítica.	20
Basaltos.	20-21
Brechas Basálticas.	21
Tezontles.	21-22
Areniscas.	22
Cenizas Volcánicas.	22-23
Composición Química de las Cenizas.	23-24
Tobas Detriticas.	24
Conglomerados.	24
Aluviones.	24
Arcillas.	24
Tierra Vegetal y Formaciones Regolíticas.	24-25
CONSIDERACIONES ESTRUCTURALES.	25-26
HISTORIA GEOLOGICA.	27

	Págs.
HIDROLOGIA SUBTERRANEA.	27
Datos meteorológicos.	27
Permeabilidad.	27-29
Receptáculos.	29
Manantiales.	29-30
Cuadro de manantiales.	30-a
Cuadro de manantiales.	30-b
El Barreno.	30
Potrerillos.	30
Planta Hidroeléctrica de Cointzio.	30-31
Cointzio.	31
Norias y pozos.	31-32
Perforaciones.	32
Socavones y tajos.	32
Captaciones en la Cuenca superior Río Chiquito.	32-33
Captaciones entre El Campamento y El Palmito.	34
Pozos números 1 y 2.	34
Tajo del Palmito.	34-35
ANALISIS.	35
Análisis número 3192.	35-36
Análisis número 3194.	36-37
Análisis número 3195.	37
Condiciones de las aguas en los receptáculos subterráneos.	37-39
EXPLOTACION.	39-43
Presa de Santa Mónica.	42-43
CONCLUSIONES.	43-44
ILUSTRACIONES:	
Fot. 1.—Basalto y brechas basálticas, cubriendo la toba riolítica en "Los Filtros," Río Chiquito, Morelia, Mich.	
Fot. 2.—Igual que la número 1.	
Fot. 3.—Igual que la número 1.	
Fot. 4.—Vista de los tanques de almacenamiento de agua en "Los Filtros," Morelia, Mich.	
Fot. 5.—Arcillas rojas, erosionadas, al NW. de Agua Caliente o Boca del Monte, San Miguel del Monte, Morelia, Mich.	
Fot. 6.—Igual que la número 5.	
Fot. 7.—Vista hacia San Miguel del Monte y Peña de San Pedro, desde las estribaciones del Cerro Azul, Morelia, Mich.	

- Fot. 8.—Captación "La Marta," Morelia, Mich.
- Fot. 9.—Vista hacia el Cerro Azul, desde el cerro de La Torrecilla, San Miguel del Monte, Morelia, Mich.
- Fot. 10.—Igual que la número 9.
- Fot. 11.—Contacto de la riolita con brechas riolíticas, arroyo de Carindapaz, Morelia, Mich.
- Fot. 12.—Confluencia arroyos Laureles y Carindapaz. Cerros desforestados, rancho de San José, Morelia, Mich.
- Fot. 13.—Conglomerados en Agua Caliente, San Miguel del Monte, Morelia, Mich.
- Fot. 14.—Río Chiquito y pozo de captación número 1, Morelia, Mich.
- Fot. 15.—Río Chiquito y pozo de captación número 2, Morelia, Mich.
- Fot. 16.—Igual que la número 15.
- Fot. 17.—Zanja de captación en "Los Ailes." Al fondo la Peña de San Pedro, San Miguel del Monte, Morelia, Mich.
- Fot. 18.—Brechas basálticas de la Peña de San Pedro.
- Fot. 19.—Toba riolítica. Parque infantil. Loma de Santa María.
- Fot. 20.—"La Pedrera;" brecha riolítica, cerca del Parque Juárez.
- Fot. 21.—Hacienda y Cerro del Quinceo.
- Fot. 22.—Valle haciendas San José y Colegio.
- Fot. 23.—Arenas basálticas y areniscas, cerca de Tacicuaró.
- Fot. 24.—Cerro del Aguila.
- Fot. 25.—Cenizas volcánicas estratificadas, cerca de Charo, camino a Quirio.
- Fot. 26.—Vista desde el Campamento de la Comisión de Caminos en "El Temascal."
- Fot. 27.—Canteras del Zapote, Morelia, Mich.

PLANOS:

- Croquis Geológico del Valle de Morelia, Mich.
- Croquis para el estudio hidrogeológico del Valle de Morelia, Mich.
- Cuenca Alta del Río Chiquito de Morelia, Mich.

RESUMENES:

- Proyecto Río Grande de Morelia.
- " " Chiquito.
- " Cuitzeo.

TENANGO DEL VALLE

	Págs.
INTRODUCCION.	47-48
LOCALIZACION DE LA REGION ESTUDIADA.	48-49
Vías de comunicación.	48-49
FISIOGRAFIA.	49-52
HIDROGRAFIA.	52-54
LISTA DE ALTITUDES.	54-57
GEOLOGIA.	57-64
Rocas.	57
Andesitas.	57-58
Tobas andesíticas.	58
Pómez.	58
Basaltos.	58
Brechas.	58-59
Arenas y cenizas.	59
Conglomerados.	59-60
Areniscas.	60-61
Arcillas.	61
Análisis.	62
Análisis número 3749.	62
Análisis número 3750.	62-63
Aluviones y tierra vegetal.	63-64
CONDICIONES ESTRUCTURALES.	64-67
GEOLOGIA HISTORICA.	67
HIDROLOGIA SUBTERRANEA.	68
Datos meteorológicos.	68
Permeabilidad.	68
Receptáculos.	68-69
Manantiales.	69-70
Cuadro de manantiales.	70-a
Manantiales de Almoloya.	70-71
" " Tepoxoco.	71
" " Atotonilco.	71
" " Chapultepec.	71
" " Xalatlaco.	71-72
" " Tilapa.	72
" " Los Viveros.	72
" " Lerma.	73
" " Amomolulco.	73
" " Alta Empresa.	73
" " Ameyalco.	73

	Págs.
Perforaciones.	73-78
Condiciones de las aguas en los receptáculos subterráneos.	78-79
Potabilidad.	79
Análisis de aguas.	79-85
✓ Recursos acuíferos.	85-86
Explotación.	86-87
CONDUCCION DE LAS AGUAS A LA CIUDAD DE MEXICO.	87-89
CONCLUSIONES.	89-90

ILUSTRACIONES:

- Fot. 1.—Vista de la planicie, hacia Chapultepec, desde cerca del pueblo de Jajalpa, Mun. Tenango del Valle.
- Fot. 2.—Nevado de Toluca, desde el cerro de Metepec.
- Fot. 3.—Vista del flanco N. del Nevado de Toluca.
- Fot. 4.—Lomas arredondeadas, cerca del pueblo de Jajalpa, Mun. Tenango del Valle.
- Fot. 5.—Resumidero en los basaltos, entre San Mateo y San Pedro, Mun. Tenango del Valle.
- Fot. 6.—Lava basáltica en el cerro del Pedregal, Mun. de San Mateo Texcaliacac.
- Fot. 7.—Panorámica de Ameyalco, Mun. de Lerma.
- Fot. 8.—Lomas de Tarasquillo, Mun. de Lerma.
- Fot. 9.—Laguna de Victoria. Al fondo el cerro del Tezontle, Mun. de Capulhuac.
- Fot. 10.—Laguna de Mirasol. Al fondo San Miguel Almaya y los Cerros Cuates, Mun. de Capulhuac.
- Fot. 11.—Resumidero en la laguna Mirasol.
- Fot. 12.—Cráter del Cohuatl, desde el borde S., Mun. de Xalatlaco.
- Fot. 13.—Pueblo de Almoloya del Río, Méx. Vista de N. a S.
- Fot. 14.—Laguna y pueblo de Almoloya del Río, Méx. Vista de S. a N.
- Fot. 15.—La Lagunilla, entre Coatepec de las Bateas y Santa Marta.
- Fot. 16.—Pequeña cuenca de Santa María, Mun. de Ocuilan.

PLANOS:

- Croquis geológico de las zonas de infiltración y de las formaciones geológicas, de Tenango del Valle-Amomolulco, Estado de México. Escala 1:100,1000.
- Croquis para el estudio hidrológico de la zona Tenango del Valle-Amomolulco, Estado de México. Escala 1:100,1000.

75-80	Reformaciones
75-79	Reformaciones de las aguas en las secciones administrativas
74-75	Posibilidad
74-80	Análisis de aguas
80-86	Reformaciones
80-81	Reformaciones
87-88	CONSEJO DE LAS AGUAS A LA CIUDAD DE MEXICO
88-90	CONCLUSIONES

ILUSTRACIONES:

- Fig. 1.- Vista de la manzana para Chapultepec, vista desde el punto de Jalisco, Manz. Tenango del Valle.
- Fig. 2.- Sección de Talcahuano desde el centro de Talcahuano.
- Fig. 3.- Vista de Talcahuano, el lado Noreste de Talcahuano.
- Fig. 4.- Sección transversal de la zona del punto de Jalisco, Manz. Tenango del Valle.
- Fig. 5.- Sección en los canales sobre San Mateo, Manz. Tenango del Valle.
- Fig. 6.- Vista de Talcahuano en el centro del Talcahuano, Manz. Tenango del Valle.
- Fig. 7.- Vista de Talcahuano, Manz. Tenango del Valle.
- Fig. 8.- Vista de Talcahuano, Manz. Tenango del Valle.
- Fig. 9.- Vista de Talcahuano, Manz. Tenango del Valle.
- Fig. 10.- Vista de Talcahuano, Manz. Tenango del Valle.
- Fig. 11.- Sección en la zona del Talcahuano.
- Fig. 12.- Vista del Talcahuano desde el punto de Jalisco, Manz. Tenango del Valle.
- Fig. 13.- Vista de Talcahuano, Manz. Tenango del Valle.
- Fig. 14.- Vista de Talcahuano, Manz. Tenango del Valle.
- Fig. 15.- La laguna entre Talcahuano y Talcahuano, Manz. Tenango del Valle.
- Fig. 16.- Sección de Talcahuano, Manz. Tenango del Valle.

PLANCHAS:

- Plancha 1.- Vista de Talcahuano, Manz. Tenango del Valle.
- Plancha 2.- Vista de Talcahuano, Manz. Tenango del Valle.
- Plancha 3.- Vista de Talcahuano, Manz. Tenango del Valle.
- Plancha 4.- Vista de Talcahuano, Manz. Tenango del Valle.
- Plancha 5.- Vista de Talcahuano, Manz. Tenango del Valle.
- Plancha 6.- Vista de Talcahuano, Manz. Tenango del Valle.
- Plancha 7.- Vista de Talcahuano, Manz. Tenango del Valle.
- Plancha 8.- Vista de Talcahuano, Manz. Tenango del Valle.
- Plancha 9.- Vista de Talcahuano, Manz. Tenango del Valle.
- Plancha 10.- Vista de Talcahuano, Manz. Tenango del Valle.
- Plancha 11.- Vista de Talcahuano, Manz. Tenango del Valle.
- Plancha 12.- Vista de Talcahuano, Manz. Tenango del Valle.
- Plancha 13.- Vista de Talcahuano, Manz. Tenango del Valle.
- Plancha 14.- Vista de Talcahuano, Manz. Tenango del Valle.
- Plancha 15.- Vista de Talcahuano, Manz. Tenango del Valle.
- Plancha 16.- Vista de Talcahuano, Manz. Tenango del Valle.
- Plancha 17.- Vista de Talcahuano, Manz. Tenango del Valle.
- Plancha 18.- Vista de Talcahuano, Manz. Tenango del Valle.
- Plancha 19.- Vista de Talcahuano, Manz. Tenango del Valle.
- Plancha 20.- Vista de Talcahuano, Manz. Tenango del Valle.

CLASIFICACION DE LAS TIPOLOGIAS GEOLOGICAS

HIDROLOGIA DE LA ZONA DE TENANGO DEL VALLE,
ALMOLOYA DEL RIO, AMOMOLULCO, Y SUS VERTIENTES
EN EL ESTADO DE MEXICO

ALMOLOYA DEL RIO, AMOMOLUCCO, Y SUS VERTIENTES
EN EL ESTADO DE MEXICO
HIDROLOGIA DE LA ZONA DE TENANGO DEL VALLE

HIDROLOGIA DE LA ZONA: TENANGO DEL VALLE, ALMOLOYA DEL RIO, AMOMOLULCO, Y SUS VERTIENTES, EN EL ESTADO DE MEXICO

Por los Sres. Ing. A. *Hernández* y L. *Blásquez*

INTRODUCCION

Estando por terminarse a fines de 1932 el estudio hidrogeológico de la Cuenca de México, y percatándose el Instituto de Geología, de la necesidad de extender las exploraciones hacia algunas zonas exteriores a la misma cuenca, como la del nacimiento del río Lerma, con objeto de que esos estudios sirvieran para analizar los problemas relacionados con el abastecimiento de agua potable para la capital de la República, la Dirección del Instituto solicitó, por los conductos debidos, la ayuda pecuniaria del Departamento Central del Distrito Federal, a lo que accedió dicha dependencia del Ejecutivo, comprendiendo la utilidad que podrían proporcionarle los referidos estudios. Esta solicitud coincidió con otra que la misma Dirección de Obras Públicas envió al Instituto de Geología, solicitando su cooperación para los mismos fines, y ofreciéndole esa ayuda. Debemos hacer constar las empeñosas gestiones del Director del Instituto, ingeniero Manuel Santillán, por una parte, y por otra, la buena disposición del Director de Obras Públicas del Departamento Central, ingeniero José L. Favela, pues sin la ayuda económica antes aludida, el Instituto de Geología quizá no hubiera contado con los recursos pecuniarios indispensables para terminar tan pronto el programa de trabajos que había emprendido. Se acordó comenzar las exploraciones por la zona a que se refiere este estudio, terminándose después las que faltaban por hacerse en la Cuenca de México.

En el presente informe se estudia la circulación de las aguas subterráneas en la zona en que aparecen los manantiales que forman el nacimiento del río Lerma, manantiales muy importantes por su abundancia y por su situación, en un valle contiguo y a mayor altura absoluta que la ciudad de México; por cuyos motivos, en diversas circunstancias, se han considerado esas fuentes como de posible aprovechamiento para la capital de la República.

Como prueba de que los manantiales del nacimiento del río Lerma se han tenido en cuenta para la dotación de agua potable de la ciudad de México, está el hecho de que el señor William Mackenzie presentó al Ayuntamiento el respectivo proyecto, aproximadamente en el año de 1901 (1), y que últimamente se ha gestionado una concesión para traer dichas aguas a la Capital.

El problema de la conducción a la ciudad de México, del agua de los manantiales del río Lerma, demanda gran trabajo de planificación, y su discusión queda de por sí fuera de la índole del presente informe, razón por la cual no expresaremos sino algunas ideas generales acerca de él y nos concretaremos, como se dijo al principio, a la circulación de las aguas subterráneas y a los sistemas de captación que deben emplearse en los diferentes acuíferos y manantiales de la comarca.

LOCALIZACION DE LA REGION ESTUDIADA

Queda, en el Estado de México, comprendida entre los 19° 03' y 19° 21' de latitud y entre los 99° 18' y 99° 43' de longitud al W. del meridiano de Greenwich. En el terreno puede limitarse por un polígono cuyos vértices son: Toluca; Atarasquillo; rancho de La Marquesa; cerros de La Gachupina, Loco, Loma de Quila, Montes de Ocuilan; cerros del Pedregal, y Xutepehl; Nevado de Toluca, y Toluca. Comprende una superficie aproximada de 994.39 kilómetros cuadrados, abarcando los municipios siguientes en su totalidad o en parte: Toluca, Lérma, Ocoyoacac, Capulhuac, Tinguistenco, Jalatlaco, Almoloya del Río, San Mateo Texcaliacac, Tenango del Valle, Calimaya, Chapultepec, Mexicalcingo y Metepec.

Vías de comunicación.—La zona a que se refiere el presente estudio cuenta con los ferrocarriles de México a Toluca, y de Toluca a Tenango; el primero con estaciones en Salazar, Jajalpa, Maclovio Herrera, Lerma y Toluca; en el segundo, las estaciones intermedias

(1) Provisión de Aguas Potables para la Ciudad de México, por el Ing. Manuel Marroquín y Rivera. 1914. Págs. 5 y 6.

de más importancia son las de Metepec y Mexicalcingo. La carretera de México a Toluca, pasa por La Marquesa, Amomolulco y Lerma, para llegar a Toluca. La carretera de Toluca a Tenancingo, no petrolizada, pero en bastante buen estado, pasa por Metepec, Totocuitlapilco, Mexicalcingo, Concepción, La Isla, Rayón y Tenango del Valle. Como carretera especial de turismo, existe la de Toluca al Nevado, pasando por Zinacantepec, que permite hacer la ascensión hasta las lagunas del cráter, con toda comodidad.

Hay otros caminos transitables para automóviles, aunque demandan mejor acondicionamiento, como el de Amomolulco a Ocoyoacac, Capulhuac y Tianguistenco; de este último lugar a Jalatlaco, Coatepec, Santa Marta y Ocuilan; a Texcaliacac, Almoloya, Mexicalcingo, pasando por la hacienda de Atenco y Chapultepec. Nos queda por mencionar el camino de Toluca a Calimaya, pasando por San Felipe, así como otros caminos vecinales, con lo que podemos decir que la parte relativamente baja de esa porción del valle de Toluca, se encuentra bastante bien comunicada. Los poblados más altos como San Miguel Almaya, Victoria (Coaxuxco), Atlapulco, etc., cuentan con caminos de herradura.

El camino que más urge acondicionar es el de Amomolulco a Tianguistenco, ya que por él transitan los automóviles y camiones de pasajeros, con bastante frecuencia; pero se encuentra en tan mal estado, que es preciso invertir una hora para recorrer en automóvil, la distancia relativamente corta, de 14 kilómetros, aproximadamente, que media entre ambos lugares.

FISIOGRAFIA

Relieve del suelo.—En la orografía de la comarca que nos ocupa, intervienen como unidades principales, dos sierras: la de Las Cruces, con rumbo medio N. 30° W. (1), y la prolongación de la sierra del Ajusco, con dirección general N. 82° W. (2). Entre los cerros que más se destacan en la parteaguas de la sierra de Las Cruces, tenemos los de La Gachupina y cerro Loco, con alturas absolutas de 3,450 y 3,600 metros, aproximadamente. En la prolongación de la sierra del Ajusco se destacan, cerca de Santa Marta, los cerros: Tianquisco, 3,060 metros; La Doncella, 3,400 metros, aproximadamente; y más al W., El Pedregal, 2,844 metros; Xu-

(1) Hidrogeología de una parte de la subcuenca Texcoco, por Luis Blásquez. 1932. Irédito.

(2) Hidrogeología de la subcuenca Xochimilco-Chalco, de la Cuenca de México, por L. Blásquez, p. 1930. Irédito.

tepetl, 3,025 metros, y el Nevado de Toluca, donde se han determinado: 4,270 metros como altitud de la Laguna Grande, y 4,564 metros para el Pico del Fraile. (1)

La sierrita de Toluca constituye otra unidad fisiográfica de orden secundario, que se enlaza, por medio de una loma bastante baja, con la base de la montaña del Nevado.

Las parteaguas de las sierras y elevaciones antes dichas, limitan, para nuestro estudio, el valle del río Lerma, por los puntos cardinales del E.S. y W., quedando dicho valle, ampliamente abierto por el N. Aproximadamente al centro de ese contorno, con muy poca inclinación de S. a N., se marca la planicie del valle (Fot. 1), explorada en una longitud aproximada de 18.5 kilómetros, y con anchura media de unos 16 kilómetros.

En la parte que nos ocupa, el valle de Lerma no es simétrico, puesto que sus flancos muestran inclinaciones y características diferentes: el del Poniente queda subordinado a la montaña Xinantecatl o Nevado de Toluca (Fots. 2 y 3), siendo su inclinación radial, el elemento determinante del relieve en el cuadrante NE.; la inclinación del terreno va disminuyendo por los lomeríos de la base del Nevado hasta hacerse inadvertible en la planicie.

El flanco opuesto, o sea el del E., es muy variado en sus formas y por lo mismo, no se le puede describir de un modo general, pues a este respecto, sólo puede decirse que la superficie que lo forma es bastante quebrada en las partes elevadas, y que la transición hacia la planicie no presenta uniformidad, por lo que después haremos por partes, su descripción más detallada.

En el borde del S., la subida de la planicie hacia la parteaguas tampoco es uniforme, pues solamente al S., SE. y NE. de Tenango (Fot. 4), se observan las lomas transicionales; un poco más lejos al E., se llega a la superficie llena de irregularidades del Pedregal de San Mateo Texcaliacac (Fots. 5 y 6), que se extiende hasta Coaxuxco y La Lagunilla, aproximándose a Santa Marta.

Consideremos más al detalle el flanco E., o sea el de la sierra de Las Cruces: desde los elevados "Llanos de Salazar," se ligan al W. y SW., algunos cerros muy quebrados, que conducen al lomerío de Amomolulco, a consecuencia del cual, la planicie tiene una entrante hacia Ameyalco (Fots. 7 y 8), y otra hacia Ocoyoacac, situadas, la primera al N., y la segunda al S., de la citada loma de Amomolulco.

(1) Xinantecatl o Nevado de Toluca, T. Flores, IX. Guía Geológica, 1906.

Al E. de Atlapulco, el descenso desde las cumbres de la sierra de Las Cruces, se verifica por intermedio de algunos acantilados como los de Ajolotes y Las Peñas, marcándose en la misma región algunas profundas barrancas. Desde Atlapulco hacia Acazolco y Ocoyoacac, las formas topográficas son en general, de perfiles más suaves, pudiéndose definir como lomas, ligadas por planicies poco inclinadas.

Al SW. de Acazolco, se presenta el cerro del Tezontle, cuyos abundantes derrames de lava y proyecciones de materiales fragmentarios basálticos, cubrieron el terreno, formando en la parte inundada por las lavas, un pedregal o malpaís; éste dió lugar a la formación de dos cuencas con sus pequeñas planicies, situadas al margen de la corriente ígnea: son las de las lagunas de Victoria (Fot. 9) y del Mirasol (Fots. 10 y 11).

Al S. sigue otra zona en la que abundan los aparatos volcánicos de forma troncóica, algunos con cráteres bien conservados (Fot. 12), que se extiende entre los cerros Mateo, Loco, Cuahuatl y Cerros Cuates; en la misma región existen dos cerros andesíticos aislados: el Apilulco y el Quilotsi; abundan, al centro de ésta zona, las arenas basálticas, produciendo contornos suaves para el relieve, pero al mismo tiempo estando el terreno surcado por barrancas con profundidades hasta de 25 metros, aproximadamente, las que no se advierten sino hasta llegar cerca de sus bordes. En lo que resta del flanco que estamos describiendo, se observan, en la parte baja, dos terrazas escalonadas que corresponden a corrientes basálticas: la primera tiene su borde en la orilla W. del pueblo de Tianguistenco y continúa por Santa Cruz y Almoloya del Río; dicho borde no es continuo sino interrumpido e irregular (Fots. 13 y 14), a consecuencia de fenómenos erosivos. El segundo escalón, mucho menos marcado, apareciendo más bien como un cambio de pendiente, se puede seguir desde una loma que se observa a poca distancia al E. de Tianguistenco, hasta cerca de Coatepec. En general, dominan en esta última porción del terreno las formas de lomas con pendientes suaves. Aquí también la invasión de las corrientes basálticas dió lugar a la formación de dos cuencas: la muy pequeña de la Lagunilla (Fot. 15), y la de Santa Marta (Fot. 16); esta última queda en la parteaguas, desaguando, el valle adyacente, hacia las vertientes exteriores de Ocuilan. Al E. de la zona que estamos considerando, quedan los cerros de Tian-

quisco y otros más elevados; en su mayoría de formas troncónicas que corresponden a la Sierra del Ajusco.

Aproximadamente, al centro de la planicie principal, la pendiente general es tan pequeña, que se forman tres lagunas rodeadas de pantanos: la primera comienza por Texcaliacac y San Pedro Techuchulco y continúa por los manantiales de Almoloya del Río (Fot. 14), hasta el puente de la hacienda de Atenco. Se dan por superficies de estas lagunas (1): 3,163.6 hectáreas 81 áreas y 3,903 hectáreas, comprendiendo la segunda entre los puentes de Atenco y Lerma. Al tercer vaso o laguna, que el ingeniero Terrés sitúa entre el puente de Lerma y la confluencia del canal de Doña Rosa, le asigna una superficie de 3,502 hectáreas; queda en su mayor parte fuera de nuestro estudio, pues solamente tocamos parte de su zona pantanosa por los manantiales de Amomulco, Alta Empresa y parte de la planicie de Ameyalco, que también es pantanosa en su parte baja. El pueblo de Lerma queda sobre una loma basáltica que tiene su parte más alta en el cerrito del Calvario.

El flanco occidental del valle, descrito ya en sus rasgos principales, tiene como irregularidades, los cerros aislados de Chapultepec, Metepec y de Calimaya, que modifican el aspecto general a que antes nos referimos.

HIDROGRAFIA

El colector principal de las aguas pluviales, en la zona estudiada, es el río Lerma, que desemboca en el Océano Pacífico. Su nacimiento debe considerarse en los manantiales de Almoloya del Río, por ser los más abundantes de la comarca. Su dirección media, dentro del área estudiada, es N. 18° W. Ya expresamos que la muy pequeña inclinación actual de su talweg, es causa de la formación de tres lagunas. El ingeniero Guillermo Terrés, en su estudio antes citado, expresa que en los primeros 29 kilómetros, el río tiene una pendiente comprendida entre 1 y 2 cienmilésimos y velocidades de 7 centímetros, y aún menores; que desde la confluencia del canal de Doña Rosa, el río se encauza, aumentando las pendientes hasta cuatro cienmilésimos y después hasta 1 por ciento al llegar al puente de Paté, situado a 42 kilómetros de distancia desde el nacimiento del río.

(1) Informe N° 1, de la Desecación de la laguna de Lerma, por el Ing. Guillermo Terrés. Sría. de Comunicaciones y Obras Públicas. (Inédito.)

Además de los manantiales de Almoloya, hay otros bastante importantes que mantienen el caudal permanente del río Lerma, estimado por el ingeniero Terrés en cinco metros cúbicos por segundo: son los de Los Viveros, Amomolulco, Alta Empresa y Ameyalco, por su margen derecha; y los de Chapultepec, por la izquierda.

Los principales arroyos que concurren al río Lerma, son los de Ocoyoacac, Jalatlaco y Coatepec, por E.; por el SW., el de Tenango del Valle; y por el W., los de La Isla, Calimaya y Metepec.

El arroyo de Ocoyoacac tiene su origen en la barranca situada al NE. de Atlapulco, recogiendo en parte las vertientes de la sierra de Las Cruces; cerca de Atlapulco recibe los contingentes de algunos manantiales, por lo cual es de aguas permanentes en su recorrido hacia el Poniente, que verifica por Atlapulco y Ocoyoacac, para reunirse con las aguas del río Lerma. La dirección general que sigue este arroyo, es N. 80° W. El afluente más importante del arroyo de Ocoyoacac, es el de la barranca o arroyo de río Hondito, que se atraviesa en el kilómetro 41.5 de la carretera de México a Toluca, en cuyo punto el arroyo está seco en el estiaje; su nacimiento está cercano a los llanos de Salazar y su confluencia con el de Ocoyoacac se encuentra poco distante de ese pueblo, hacia el E.

El arroyo de Jalatlaco nace al E. de este lugar, extendiendo su cuenca receptora hasta el cerro Loco, de la sierra de Las Cruces. Su rumbo general es muy cercano a la línea EW.; pasa por el pueblo de Jalatlaco, donde recibe varios manantiales que le tributan un regular contingente de aguas permanentes. Este arroyo pasa después entre los pueblos de Tianguistenco y Capulhuac, a los que sirve de límite y continúa por El Molino de San Cayetano, hoy fuera de uso, donde se aprovechaba la fuerza hidráulica de una pequeña caída, para mover un molino de harina. Poco después el arroyo llega a la parte cenagosa del valle del Lerma.

El arroyo de Coatepec nace por Rancho Viejo y Cañada de los Pastores al SE. de Jalatlaco, en la parte alta de la sierra de Las Cruces de donde desciende con fuerte pendiente; recibe los manantiales de Tlaxipehualapa y Toxapa y después pasa entre Coaxuxco y Coatepec, con escasa agua, en los meses de invierno; continúa por la parte baja de la planicie del rancho del Pozo, con cauce amplio, en forma de cañada, hacia la laguna, que alcanza al S. de Almoloya.

El arroyo de Tenango corresponde a las barrancas de la rincónada situada al S. de ese pueblo; con un corto recorrido hacia el NE., llega a la ciénaga de Texcaliacac.

Los arroyos de La Isla, Calimaya y Metepec, con otros de menor importancia, descienden del Nevado de Toluca: presentan la particularidad de arrastrar gran cantidad de arenas y grava de pómez; al llegar a la planicie depositan su carga de detritus por la disminución de su poder de arrastre, resultando que para encauzar las avenidas, los habitantes de la comarca han tenido que bordearlos, ocurriendo el fenómeno de la sobreelevación de los cauces, que a veces llegan a quedar como a 4 metros sobre el nivel de la planicie.

La laguna de Victoria recibe un arroyo de bastante importancia que se forma al E. de Atlapulco; pasa al S. de ese pueblo con regular caudal de aguas permanentes, a causa de los escurrideros y manantiales de esa localidad. Cerca de la laguna han encauzado el arroyo para conducirlo a la de San Miguel Almaya, o del Mirasol, cuyo vaso, de mayor importancia que el de Victoria, desagua por resumideros situados al borde de la corriente basáltica, en el extremo N. de la laguna. La pequeña laguna llamada La Lagunilla, situada entre Coatepec y Santa Marta, también tiene aguas permanentes y desagüe subterráneo.

Hay que hacer notar la ausencia de arroyos en el área bastante extensa del Pedregal de San Mateo Texcaliacac, que presenta las hoyas, resumideros e irregularidades característicos de esas formaciones geológicas.

LISTA DE ALTURAS

Carretera México-Toluca

México	.....	2,240 metros.
Kilómetros 7	.....	2,244 "
" 8	.....	2,287 "
" 9	.....	2,330 "
" 10	.....	2,367 "
" 12	.....	2,438 "
" 14	.....	2,497 "
" 16	.....	2,538 "
" 18	.....	2,637 "
" 20	.....	2,697 "
" 22	.....	2,709 "
" 23	.....	2,813 "
" 24.7 Crucero Camino Viejo.....		2,832 "

Puente arroyo "La Burritos".....	2,961 metros.
„ Tancoco.....	3,030 „
Kilómetros 32.1 Las Cruces.....	3,158 „
„ 34	3,038 „
„ 36 arroyo Llanos de Salazar.....	2,967 „
„ 37.4.....	2,982 „
„ 38	2,942 „
„ 30 Cro. vía ferrocarril.....	2,882 „
„ 40	2,836 „
„ 41	2,786 „
„ 41½ Puente Río Hondito.....	2,749 „
„ 41.7 Río Hondito.	2,761 „
„ 44	2,701 „
„ 46.2.....	2,659 „
„ 47.2.....	2,624 „
„ 48 Amomolulco.....	2,571 „
„ 50 Lerma.....	2,585 „
„ 66 Toluca. Estación.	2,640 „
Toluca. Paseo Colón.....	2,667 „
Finca La Casa de Campo.....	2,621 „
Metepc.....	2,615 „
„ cumbre del cerro.....	2,681 „
„ manantial La Pila.....	2,594 „
Capultitlán.....	2,710 „
San Felipe de las Papas.....	2,708 „
San Bartolo.....	2,677 „
Tlacotepec.....	2,885 „
„ parte baja.....	2,805 „
„ cumbre del cerro.....	2,900 „
Mexicalcingo.....	2,588 „
Santa María Nativitas.....	2,692 „
Chapultepec, pueblo.....	2,578 „
„ manantial.....	2,572 „
„ cerro.....	2,670 „
San Cristóbal (pozo artesiano).....	2,575 „
La Granja (pozo artesiano).....	2,602 „
San Andrés del Ocote.....	2,614 „
La Concepción.....	2,584 „
San Antonio de la Isla.....	2,585 „
Santa María Rayón.....	2,585 „

Santiagoito.	2,589	metros.
San Lorenzo Cuautenco.	2,717	"
Calimaya.	2,630	"
" Rancho El Mesón.	2,585	"
Tenango del Valle.	2,596	"
" " " Manantial de San Pedro.	2,599	"
Nevado de Toluca. Laguna Grande (1).	4,270	"
" " " Pico del Fraile (1).	4,564.8	"
Parteaguas: camino Tenango a San Pedro Zictepec.	2,675	"
San Pedro Zictepec.	2,557	"
" " " Manantiales y pozos brotantes.	2,514	"
Cerro Xutepetl (parteaguas).	3,025	"
Jajalpa.	2,566	"
San Mateo Texcaliacac.	2,589	"
" " " Cerro Pedregal.	2,844	"
San Pedro Techuchulco.	2,576	"
Rancho San Miguel Despoblado.	2,739	"
Santa Marta.	2,794	"
Cerro Tianquisco.	3,060	"
La Lagunilla.	2,757	"
Arroyo Coatepec. Camino Tianguistenco-Sta. Marta	2,588	"
Rancho del Pozo.	2,595	"
Lomas de Coatepec.	2,773	"
Cráter del Cuahuatl, borde S.	2,933	"
" " " " N.	2,970	"
Almolaya del Río, centro.	2,604	"
" " " manantiales orilla laguna.	2,574	"
Santa Cruz, centro.	2,587	"
Hacienda Atenco.	2,574	"
Rancho La Libertad.	2,573	"
Rancho Las Animas.	2,572	"
TIANGUISTENCO.	2,620	"
Capulhuac.	2,621	"
Cerrito Venta del Aire, base.	2,574	"
San Pedro Tlaltizapán.	2,573	"
Jalatlaco.	2,763	"
Tilapa.	2,747	"
Tilapa, manantiales.	2,737	"
Laguna Mirasol.	2,678	"

(1) T. Flores. Loc. Cit.

San Miguel Almaya.....	2,709	metros.
Cerro Quilotzi.....	2,990	„
Cerro Loco.....	3,600	„
Victoria, pueblo (Coaxuxco).....	2,692	„
Victoria, laguna.....	2,681	„
Santa María Coaxuxco.....	2,637	„
Hacienda Texcalpa.....	2,573	„
Hacienda Los Viveros.....	2,574	„
Cholula.....	2,576	„
Cerro La Gachupina.....	3,450	„
Atlapulco.....	2,934	„
Ocoyoacac.....	2,578	„
Maclovio Herrera.....	2,576	„
Cerrito del Calvario, Lerma.....	2,601	„
Amomulco.....	2,571	„
Alta Empresa.....	2,575	„
Ameyalco, manantiales.....	2,585	„

GEOLOGIA

Rocas.—El terreno estudiado está formado por rocas ígneas y rocas sedimentarias. Las primeras están representadas por andesitas con sus correspondientes tobas, y por basaltos, acompañados de brechas, arenas y cenizas. Las rocas sedimentarias provienen de la desintegración y de la alteración de las ígneas, habiéndose depositado en forma de conglomerados, areniscas, arcillas, aluviones y tierra vegetal.

Andesitas.—De colores grises, rojizos y oscuros: las primeras forman la base y la mayor parte de los macizos de la Sierra de Las Cruces y de la prolongación de la sierra del Ajusco, hasta el Nevado de Toluca. Los afloramientos son más extensos en la parte alta de la sierra de las Cruces, como en los cerros Alto, de La Vibora, La Gachupina, y en algunos del flanco occidental de la misma sierra, donde las andesitas se presentan a menor altura, como en los llamados Apilulco y Quilotzi. En la prolongación de la sierra del Ajusco podemos citar los cerros andesíticos de Tianquisco, La Doncella, Zempoala, Xutepetl y Nevado de Toluca. La sierrita de Toluca también está formada en su mayor parte por un macizo andesítico. Es indudable que hubo diferentes períodos de emisión de magmas andesíticos, pareciéndose distinguir los productos más antiguos por sus colores más claros y sus cristales más desarrolla-

dos. En todos los casos encontramos la hornblenda mezclada a la hiperstena, y ambos minerales en proporciones variables. Las andesitas de color negro, tendiendo al tipo basáltico, se encuentran cerca de Ameyalco y en el Nevado de Toluca; seguramente representan las rocas andesíticas más modernas en la zona de estudio. Las lavas del Nevado de Toluca han sido estudiadas con bastante detalle por el señor Ordóñez, quien las considera como andesitas de hiperstena y hornblenda. (1)

Tobas andesíticas.—De colores rosados y con diferentes grados de consolidación, se encuentran en el cerro de San Joaquín, entre Jajalpa y Tenango, en el cerro Quilotzi y al S. del Cerro Loco, en el parteaguas de la sierra de las Cruces. Las tobas de este último lugar parecen buen material de construcción, pero también se explotan las del Quilotzi. En los tres afloramientos citados la toba cubre a la andesita, no siendo esta última del tipo basáltico.

Pómez.—De color blanquizo, textura esponjosa y fibrosa en partes; en fragmentos de diferentes tamaños hasta unos 12 centímetros; se encuentra al pie del Nevado de Toluca como roca transportada: no tuvimos oportunidad de observar la posición relativa de las brechas pomosas con relación a las corrientes de andesita.

Basaltos.—De colores gris obscuro y negro, con textura compacta, se encuentran por Ameyalco, Las Peñas, cerro Loco, Victoria Coahuilco, hacienda Texcaltenco, Cholula, Tultepec, cerros Cuates; se extienden al W. de Tianguistenco y por el Molino de San Cayetano, Santa Cruz y Amoloya; forman los cerros de Chapultepec y Tlacotepec; existen también al W. de Tenango del Valle y en el pedregal de Texcaliacac, comprendiendo las cercanías de Santa Marta y el borde W. de La Lagunilla. En muchos de estos lugares también se presenta el basalto con textura vesicular, extremándose esta textura en los cerros de Lerma (Fot. 17), y Metepec, donde abunda el tezontle. En los "malpaíses" derivados de los aparatos basálticos del Tezontle y del Pedregal, de San Mateo Texcaliacac, abunda también esa roca con textura escoriosa.

Brechas.—En los aparatos volcánicos más o menos bien conservados del Coahuatl, Chapultepec, Metepec y cerrito de Lerma, las brechas de tezontle forman acumulaciones de importancia por su volumen, siendo de colores rojizos o negruzcos y formados principalmente por fragmentos de tezontle. En Lerma y Metepec se

(1) El Nevado de Toluca, por T. Flores. Guía Geológica IX. 1906, Págs. 9-14.

han explotado esas brechas para el balasto de las vías del ferrocarril y para la construcción de carreteras.

Arenas y cenizas.—En los alrededores de Victoria, Tilapa, hacienda Texcalpa, Jalatlaco, Coatepec, San Mateo Texcaliacac y San Pedro Techuchulco, así como por La Lagunilla y Santa Marta, abundan los productos fragmentarios basálticos, arenas y cenizas, acompañados de pómez blanca, en granos pequeños. El material más abundante es la arena negra, de diversos tamaños, mostrando a veces la estratificación y clasificación propia de su caída en el aire o de su transporte por el viento. Las acumulaciones de mayor espesor fueron observadas al NE. de Jalatlaco, donde existen cortes naturales de unos 20 metros de altura, profundizados por la erosión en dichos materiales fragmentarios.

Las capas lacustres también muestran intercalaciones de cenizas volcánicas, que en parte pueden haber sido arrastradas por los arroyos.

Conglomerados.—Con cementos arcillo-arenosos e incluyendo gravas, matatenas y guijarros de diversos tamaños y en algunos lugares grandes bloques con algunas caras pulidas que forman superficies alabeadas o regladas, que revelan desgastes por fricción, se observan en la loma de Amomolulco y por Atlapulco, reposando sobre las andesitas; por Ameyalco también se ven esas formaciones, conteniendo fragmentos de andesita basáltica y aun de basalto. Se observan igualmente en el cerrito "Venta del Aire," poco distante al N. de Capulhuac, donde los fragmentos andesíticos componentes del conglomerado, muestran una alteración muy avanzada (Fots. 18 y 19). En el camino a Ixtlahuaca (fuera de la zona estudiada), los conglomerados se extienden hasta el centro del valle, mostrando los cortes naturales del terreno, que esas formaciones adquieren gran importancia por la extensión horizontal que ocupan así como por su espesor. Resalta en esas formaciones la absoluta falta de clasificación mecánica del depósito, pues al lado de enormes bloques hay fragmentos de diversos tamaños, hasta las más finas arenas; otras veces entre arenas o areniscas que por su finura parecen arcillas o cenizas volcánicas, también se encuentran incluidos los bloques de diversos tamaños, con las notables superficies pulidas a que antes nos referimos. En los mismos cortes del camino a Ixtlahuaca, y en los demás lugares en que observamos estas formaciones, los conglomerados gruesos,

en bancos muy extendidos horizontalmente, alternan con materiales detríticos de fragmentos más pequeños, que llegan hasta las más finas areniscas, en cuyos materiales finos resaltan tanto la falta de clasificación mecánica del material, como la ausencia de estratificación propiamente dicha, pues los que a primera vista aparecen, como lechos de estratificación, tienen tantas irregularidades y discontinuidades que pronto convencen al observador de que el depósito no se verificó en el seno del agua, ni por transporte fluvial. El grado de cementación varía muchísimo, desde lo que pudiera tomarse por un conglomerado volcánico, hasta capas muy deleznable, pero también es fácil convencerse de que el material no es ígneo aunque sí formado con detritus de rocas volcánicas, pues los fragmentos muestran un gran desgaste por el transporte: hemos llegado a la conclusión, de que esas formaciones son debidas a los transportes de los ventisqueros que existieron en el período Pleistoceno, de la era Cuaternaria, y repetimos que tienen una importancia enorme en el relleno del valle, y en sus flancos, por su gran espesor; para la circulación de las aguas subterráneas también son de importancia capital, por su disposición en bancos o capas inclinadas, por sus alternancias y diversos grados de permeabilidad de las capas comprendidas. A los conglomerados gruesos, o bien cementados que acabamos de describir, les llamaremos "tilitas."

Areniscas.—Por Ameyalco, loma de Amomolulco y Atlapulco, y especialmente en el camino a Ixtlahuaca y también en el de San Nicolás Peralta, las areniscas con diversos grados de consolidación se asocian con las tilitas, alternando ambos depósitos o quedando como intercalaciones en los bancos de tilitas; la estratificación que muestran es muy irregular: las consideramos como "sedimentos acuoglaciales" por su origen o génesis mixta, pues en su transporte intervino también el agua proveniente de los deshielos, así como el agua de las lluvias.

Estas areniscas también se encuentran en las lomas cercanas a Tenango del Valle y en las lomas que forman la base del Nevado de Toluca. A continuación damos el resultado de los estudios microscópicos de tres muestras:

Fecha. Mayo 13-1933.—*Colector.* A. Hernández.—*Muestra número 5.*—*Lámina número 7,627.*—*Localidad.* 3 kilómetros al N. de Amomolulco.—*Municipio.* Lerma, Méx.—*Condiciones de yaci*

miento. En bancos imperfectamente estratificados.—*Objeto del estudio.* Identificación de los elementos componentes y del cemento.—*Textura.* Clástica.—*Color.* Blanco y gris.—*Clasificación de Campo.* Arenisca.—*Primarias o Constituyentes.* Oligoclasa, cuarzo, ortoclasa (muy poca).—*Secundarios y alterados.* Glauconita (?).—*Accesorios.* Turmalina, biotita (muy poca).—*Clasificación microscópica.* Arenisca de feldespatos sódicos.—*Petrógrafo.* A. L. Vázquez.

Fecha. Mayo 18-1933.—*Colector.* A. Hernández.—*Muestra número 5 A.*—*Lámina número 7,628.*—*Localidad.* 3 kilómetros al N. de Amomolulco.—*Municipio.* Lerma, Méx.—*Condiciones de yacimiento.* Capas irregularmente estratificadas, sobre muestra 5.—*Objeto del estudio.* Elementos componentes. ¿Cenizas volcánicas? ¿Diatómeas?—*Textura.* Clásica.—*Color.* Blanco.—*Clasificación de campo.* Ceniza volcánica.—*Primarios o constituyentes.* Vidrio volcánico con arcillas.—*Clasificación microscópica.* Ceniza volcánica.—*Petrógrafo.* A. L. Vázquez.

Fecha. Mayo 13-1933.—*Colector.* A. Hernández.—*Muestra número 8.*—*Lámina número 7,629.*—*Localidad.* 8 kilómetros al S. de Ixtlahuaca.—*Municipio.* Ixtlahuaca de Rayón, Méx.—*Condiciones de yacimiento.* En capas imperfectamente estratificadas.—*Objeto del estudio.* Identificación de los elementos componentes y del cemento que los une.—*Textura.* Clástica.—*Color.* Café claro.—*Clasificación de campo.* Arenisca.—*Primarias o Constituyentes.* Andesina, cuarzo, oligoclasa y ortoclasa.—*Secundarios y alterados.* Arcillas.—*Accesorios.* Clorita, glauconita (?). Turmalina (muy poca).—*Clasificación microscópica.* Arenisca de feldespatos sódicos.—*Petrógrafo.* A. L. Vázquez.

Arcillas.—Alternando con las areniscas y también entrando en la categoría de “sedimentos acuoglaciales,” se observan capas arcillosas que contienen gran proporción de arenas muy finas; se observan en los cortes del camino a San Nicolás Peralta, en el camino a Ixtlahuaca y en las lomas del W. y SW. del valle. Por lo general, son moderadamente compactas, pero a veces el material muy fino y deleznable, se encuentra mezclado con cenizas volcánicas y su estratificación las identifica, localmente, como depósitos en fondos lacustres.

En el llano de Salazar hay arcillas o arenas finísimas, que tienen el aspecto de lo que los geólogos norteamericanos llaman “harina de roca,” característica de las formaciones glaciales.

ANALISIS

Recogimos dos muestras de las arcillas de Ocotitlán, que se emplean en Metepec para trabajos de alfarería. A continuación, damos el resultado de los análisis respectivos, hechos en el Instituto.

ANALISIS NUMERO 3,749

Muestra número 12, procedente de Ocotitlán, Méx., remitida por los señores ingeniero A. Hernández y L. Blásquez. Oficio número 7.

Análisis practicado por el señor Rodolfo del Corral.

H ₂ O a 110° C.	0.45%
Pérdida al rojo.	6.36 „
SiO ₂	60.17 „
Al ₂ O ₃	23.10 „
Fe ₂ O ₃	3.20 „
MnO.	0.10 „
CaO.	3.14 „
MgO.	0.38 „
TiO ₂	0.20 „
P ₂ O ₅	0.20 „
CO ₂	1.20 „
SO ₃	0.70 „
Alcalis.	0.90 „

México, D. F., a 21 de abril de 1933.—Firma.—El Químico Ayudante, *R. del Corral*—Firma.—V^o B^o, el Jefe del Laboratorio, *Carlos Castro*.

ANALISIS NUMERO 3,750

Muestra número 13, procedente de Ocotitlán, Méx., remitida por los señores ingeniero A. Hernández y L. Blásquez. Oficio número 7.

Análisis practicado por el señor R. del Corral.

H ₂ O a 110° C.	3.68%
Pérdida al rojo.	7.52 „
SiO ₂	52.60 „

Al ₂ O ₃	30.18 %
Fe ₂ O ₃	3.10 „
MnO	0.10 „
TiO ₂	0.15 „
P ₂ O ₅	0.20 „
CaO	1.86 „
MgO	0.28 „
CO ₂	0.12 „
SO ₃	0.20 „
Alcalis	0.40 „

México, D. F., a 21 de abril de 1933.—Firma.—El Químico Ayudante, *R. del Corral*—Firma.—Vº Bº, el Jefe del Laboratorio, *Carlos Castro*.

Resultados de las pruebas por plasticidad y refractarias de las arcillas remitidas por el ingeniero A. Hernández, según oficio 7.

Muestra No.	PROCEDENCIA	Número de Análisis	Plasticidad	Agua de Plasticidad	Poder Refractario
12	Arcilla de Ocotitlán. Tierra de José Alarcón. Méx.	3749	Buena	22.02 %	1127°C
13	Arcilla de Ocotitlán. Tierra de José Alarcón. Méx.	3750	Regular	22.70 „	1300°C

México, D. F., a 21 de julio de 1933.—Firma.—El Químico Ayudante, *E. Schmitter*.—Firma.—Vº Bº, el Jefe del Laboratorio, *Carlos Castro*.

Aluviones y tierra vegetal.—Los primeros ocupan el subsuelo de las planicies y los cauces de los arroyos, donde a veces forman grandes acumulaciones de arenas sueltas. Consisten de fragmentos de las rocas macizas, gastados por el transporte, mezclados con gravas y arenas: en los del flanco W. del valle abundan los fragmentos de pómez de diversos tamaños, que por su ligereza son fácilmente arrastrados y se acumulan en los cauces. Los del subsuelo de las planicies son arcillo-arenosos, sin estar bien aglutinados los fragmentos sólidos.

La tierra vegetal, o más bien dicho los suelos de la zona estudiada, son arenosos y de un elevado coeficiente de infiltración

en los terrenos del flanco E., donde hay mucha arena volcánica; los del flanco W. y de la parte baja del E., son suelos permeables, aparentemente de buena calidad y los del centro del valle, muy cargados de materia orgánica, son en su mayor parte pantanosos y requieren obras de drenaje y probablemente abonos, a fin de quedar en buenas condiciones para el cultivo.

CONDICIONES ESTRUCTURALES

Las rocas sedimentarias marinas del Cretácico, probablemente forman la base en que se apoyan las rocas de nuestra zona de estudio: el señor ingeniero don Teodoro Flores (1) dice que "el cono del Nevado de Toluca reposa directamente sobre las calizas cretáceas que existen al S. y SO. del volcán (serranía de San Gaspar, Ixtapan de la Sal)." En nuestros itinerarios no encontramos afloramientos de las rocas sedimentarias antes dichas, por lo cual las estructuras andesíticas son las más antiguas que observamos: estas rocas forman la mayor parte de los macizos montañosos de las sierras de Las Cruces, del Ajusco y su prolongación hasta el Nevado de Toluca, y la sierrita de Toluca. Las dos primeras sierras están formadas por la superposición de corrientes de magna andesítico, correspondientes a diversas fases de actividad volcánica. El alineamiento de los cerros más culminantes en ambas sierras, sugiere la idea de que en ellas se produjeron erupciones a favor de grandes fracturas, del rumbo correspondiente al de las sierras y que a veces se formaban focos más activos en tal o cual parte de las grietas, o para expresarnos en el lenguaje consagrado, diremos que las chimeneas volcánicas se desalojaban a lo largo de las fracturas emisoras del magma andesítico. La mayor parte de los cráteres han sido ya muy destruidos por la erosión y sólo queda como ejemplo, por ser más joven, el aparato volcánico conocido por Nevado de Toluca. Los cerros Apilulco y Quilotzi, sobre todo este último, parecen ser restos de volcanes andesíticos de importancia secundaria.

En lo general, los cortes naturales existentes en la región, no son suficientemente profundos para exhibir la superposición de las corrientes andesíticas y sus relaciones con las tobas y brechas: solamente la toba en bancos gruesos, puede observarse en dos lugares, reposando sobre la andesita, pero en términos generales, y

(1) Loc. Cit. Pág. 12.

atendiendo a la génesis de las sierras de Las Cruces y Ajusco, que en nuestra zona se prolonga hasta el Nevado de Toluca, es racional admitir que dichos macizos montañosos estén formados en su cuerpo principal, por la superposición de los materiales eruptivos andesíticos entre los que predominan las corrientes gruesas de rocas andesíticas, con inclinación general hacia el W. en el flanco de la sierra de Las Cruces y hacia el N. en la vertiente que pertenece a la prolongación de la sierra del Ajusco hasta el Nevado; y también es lógico suponer la existencia de un fondo andesítico inclinado hacia el E. que ligará el Nevado con la sierrita de Toluca, en el flanco occidental del valle en que nace el río Lerma. No tenemos datos sobre el avance de las corrientes andesíticas hacia el centro del valle, pues no existen perforaciones que hayan alcanzado dicha roca en el subsuelo de la planicie; hay que notar que los magmas andesíticos son de poca fluidez y que por esa razón las corrientes no se extienden mucho; pero la presencia de aparatos secundarios, como el Quilotzi, hace pensar en la probable existencia de algunos macizos andesíticos de menos importancia, en el subsuelo de la planicie.

Reposando sobre las andesitas y con inclinación general hacia el centro del valle, de acuerdo con el relieve de las superficies andesíticas subyacentes, se encuentra la estructura, bastante complicada, de rocas sedimentarias continentales, en la que intervienen: los diferentes detritus propios de las formaciones glaciales; los acarreados por las aguas de los deshielos y los de las aguas pluviales. Hay que considerar también la posible existencia de un lago principal en el centro del valle, y que probablemente existieron otros de menor importancia, propios de la topografía glacial, lo que dará por resultado la asociación y entrelazamiento de los depósitos hechos en un fondo lacustre, con los de las aguas corrientes y con las tilitas.

Si la existencia de las pequeñas cuencas lacustres es hipotética, aunque racional, la existencia del lago principal la tenemos comprobada, pues en el camino a Ixtlahuaca, en las cercanías del puente sobre el río Lerma, y donde el mismo río empieza a tener pendientes fuertes, se observa que el cauce se ha profundizado bastante en los detritus glaciales, y se deduce claramente, que las morainas avanzaron y se acumularon de tal modo en esa parte, que formaban un represo importante y un gran lago hacia nuestra zona

de estudio, donde la mayor amplitud del valle no permitía un relleno tan rápido de la depresión.

A lo anterior hay que añadir que el período glacial del Pleistoceno, como se ha demostrado en Norteamérica (1), no fué continuo sino abarcó hasta cinco períodos alternados de cambios de clima, con sus correspondientes retiradas y fusiones de los ventisqueros, precedidas de la formación y avance de los mismos; entre estas fases interglaciales, los arrastres fluviales y la erosión no glacial, naturalmente son de considerarse. No podríamos probar que aquí hubo tales alternativas, pero tampoco nos atreveríamos a negarlo, con mayor razón después de haber observado grandes diferencias en la alteración de los fragmentos andesíticos de distintos acarrees glaciales, como si se comparan, por ejemplo, los depósitos del cerrito Venta del Aire, cerca de Capulhuac, de fragmentos muy alterados, con los conglomerados que se observan por el camino a Ixtlahuaca, donde los bloques y guijarros andesíticos han sufrido muy poca alteración en sus elementos mineralógicos componentes.

Todavía tenemos que anotar otro factor de complicación, y es que la actividad volcánica era contemporánea de la glaciación, como lo demuestran las capas de cenizas volcánicas, y de pómez, intercaladas entre los depósitos lacustres, entre las morainas o entre los sedimentos acoglaciales, como hemos observado en esta zona y en la cuenca de México.

De toda esa complejidad, aprovecharemos, para nuestro estudio, la circunstancia de existir bancos, capas o acumulaciones irregulares de materiales, de diferentes grados de permeabilidad, superpuestos e inclinados, como se dijo antes, desde el principio y desde los flancos, hacia el centro del valle del río Lerma, en la parte que estamos considerando.

Por la región de Ameyalco, los depósitos de origen glacial, incluyen bloques basálticos: hacia el S., las tilitas sólo contienen fragmentos de rocas andesíticas y los basaltos más modernos, cubrieron grandes superficies de la topografía glacial, como sucede desde Victoria hasta Coatepec y en el extenso pedregal de San Mateo Texcaliacac.

En los volcancitos basálticos aislados como los de Lerma, Metepec, Tlacotepec, Chapultepec, los magmas basálticos se abrieron

(1) Text Book of Geology, Grabau. T. II. Pág. 866.

paso a través de la estructura sedimentaria, y no arrojaron corrientes de lava importantes, ni abundantes productos fragmentarios, como los del cerro Tezontle y Cuahuatl.

Varios de los aparatos basálticos pueden alinearse sobre probables líneas de fracturas, pero el alineamiento más importante y claro lo forman los cerros: Tlacotepec, Chapultepec, Cerros Cuates, Tecontó, De Silva, Xoyaltepetl y cerro Mateo.

Un poco al S. quedaría otra fractura marcada por los aparatos basálticos: cerro Loço, cerro Negro, Tomasquillo y Cuahuatl, de modo que las primeras erupciones de magma andesítico se verificaron siguiendo, fracturas cercanas a la línea N.-S.; otras erupciones andesíticas y las basálticas, siguieron líneas casi E.-W.

Los aluviones y la tierra vegetal cubren diversas porciones de las estructuras geológicas antes descritas, presentando menor importancia que aquéllas.

GEOLOGIA HISTORICA

El señor Ordóñez (1) refiere la aparición del Ajusco al final del Mioceno; el Iztaccíhuatl y Xinantécatl o Nevado de Toluca, al principio del Plioceno.

Los conglomerados (tilitas), que alternan con detritus acuo-glaciales (tobas detriticas), han sido ya identificados por nuestros geólogos como pertenecientes al Pleistoceno, habiendo sido los fósiles la base de esas determinaciones (2 y 3). Lo que hoy pretendemos aclarar (nos extenderemos más sobre este punto en el estudio de la cuenca de México), es que muchos de esos depósitos del Pleistoceno son claramente de origen glacial, y que antes se les había confundido muchas veces con brechas, conglomerados y tobas, de origen ígneo.

Los basaltos, excepto los de Ameyalco, son del período reciente (Holoceno), de la Era Cuaternaria.

(1) Le Xinantecatí ou Volcan Nevado de Toluca, par Ezequiel Ordóñez. Mem. Soc. Alzate. T. 18. Pg. 111. 1902.

(2) Breve Reseña Geológica del terreno comprendido en las Obras del Desagüe del Valle de México y en general de toda esta región, por Manuel M. Villada. Anales del Museo Nacional. 2ª Epoca. T. I. Pág. 172. 1903.

(3) La Fauna de Mamíferos del Plioceno y Postplioceno de México, por W. Freudenberg, 1922.

HIDROLOGIA SUBTERRANEA

Datos meteorológicos.—De acuerdo con los datos consignados en las publicaciones del Servicio Meteorológico, encontramos los datos siguientes: para el Observatorio de Toluca. Temperatura media anual, 12° 8; media anual de las temperaturas máximas, 19° 0; media anual de las temperaturas mínimas 6° 1; precipitación media anual, 810.7 mm.; humedad media, 65%; altitud, 2,675 metros.

En el Desierto de los Leones, con altitud de 2,900 metros, se tiene una precipitación media de 1,248.7 mm.; y en Huixquilucan, a 3,015 metros de altitud, la precipitación correspondiente es de 1,149.0 mm. En Tenango del Valle, Méx., la temperatura media anual es de 12° 4 y la altura correspondiente a la precipitación es de 847.3 mm.

En Lerma se han obtenido: 14° 05 para la temperatura media anual, y 752.9 mm. como altura de precipitación media anual, basándose en 6 años de observaciones entre los años 1901 a 1911.

El Atlas Climatológico de la República Mexicana, que consigna las observaciones hechas en el período de 1921 a 1925, da para nuestra zona: temperatura media anual, 14°; temperaturas máximas de 28° a 34°; temperaturas mínimas, 2 a 6°; precipitación media anual, de 750 a 1,000 mm.; número de días de lluvias al año, de 100 a 150; humedad media, 65%. De acuerdo con estos datos, tomaremos 14° como temperatura media y 800 mm. como precipitación media anual.

Permeabilidad.—Las rocas ígneas, compactas, mencionadas en este estudio, son de permeabilidad localizada, es decir, son impermeables fuera de las grietas o fracturas que las dividen; comprendemos en este grupo a las andesitas, tobas andesíticas macizas, y a los basaltos, también compactos. Entre las rocas sedimentarias de permeabilidad localizada, incluiremos los conglomerados bien cementados y algunas areniscas. Como rocas de permeabilidad continua señalaremos las fragmentarias de origen ígneo, como las brechas de tezontle, las arenas, cenizas y tobas no consolidadas; entre las sedimentarias, representan este grupo los conglomerados sueltos y demás rocas detríticas con poca arcilla, los aluviones y capas de arenas y grava, incoherentes. Las arcillas en gruesos bancos y las capas detríticas con gran proporción de arcilla, pueden considerarse como prácticamente impermeables.

Receptáculos.—Tenemos receptáculos acuíferos "en leptoclasas," correspondiendo a las rocas de permeabilidad localizada; "en

estratos," existentes en las capas detríticas y lacustres saturadas de agua y cubiertas por capas impermeables o de menor grado de permeabilidad; "receptáculos en zonas de contacto," relacionados con las superficies que limitan las rocas ígneas o que separan esas masas de las de otras rocas de distinta clase; "en cúmulos," como en las acumulaciones irregulares de los materiales detríticos de los acarrees glaciales permeables, o en las acumulaciones de materiales sueltos como las que se forman en los conos de deyección de los arroyos. Por último, señalaremos los receptáculos en leptoclasas, cavernas, huecos irregulares y zonas escoriosas de las lavas basálticas.

Manantiales.—Relacionados con los receptáculos en leptoclasas y huecos irregulares de las corrientes basálticas y correspondiendo en partes al receptáculo de contacto, por encontrarse las principales emergencias en la base de las corrientes de lava, tenemos los manantiales de Almoloya, los de Pretunta, Ixcayoapa e Ixcayoapita; los de Los Viveros, en la hacienda de Texcaltenco; los de Guadalupe Hidalgo y Jalatlaco; los de Tilapa y Laguna de Mirasol; los de Victoria, Tepozán y Zaucos; son manantiales "de valle" en su mayor parte, y otros "de afloramiento," como el de Yecapanteopa en Jalatlaco, donde se descubre la capa detrítica arcillosa, que sirve de asiento a la corriente basáltica.

En los manantiales de Almoloya del Río, se observan algunos que emergen en las grietas del basalto, pero con temperaturas de medio a dos grados más que los inmediatos con el mismo modo de emergencia. En los grupos de manantiales de esa misma localidad, llamados Pretunta, Ixcayoapa e Ixcayoapita, se observan manantiales de circulación ascendente, y con las mismas diferencias de temperatura, a que acabamos de referirnos; probablemente esos manantiales surgen por grietas más profundas del basalto o por diaclasas; desgraciadamente no se tienen datos sobre el espesor de la corriente basáltica, aunque parecen distinguirse dos corrientes superpuestas; de todas maneras esos manantiales ascendentes pueden clasificarse como de aguas "brotantes."

Como manantiales francamente brotantes, y aun "piezométricos," señalaremos los de Chapultepec, Lerma, Atotonilco, Amomulco y Alta Empresa. Los dos primeros se deben a que los focos basálticos del cerro de Chapultepec y del cerrito del Calvario, interrumpieron la continuidad de los estratos del subsuelo de la planicie, que contienen aguas cautivas, las que pudieron ascender

a favor de las brechas permeables, o por el contacto de la roca maciza con las rocas detríticas que forman el relleno de la planicie. Los demás manantiales "piezométricos" deben de haber aprovechado las fracturas profundas que afectarían los estratos del relleno, para establecer su circulación ascendente. El resto de los manantiales son, en general, de aguas descendentes, correspondiendo a las clases de "valle" o de "afloramiento," aunque localmente revelan tener algo de presión, como los de Garabato, situados a 2 kilómetros al NE. de Atlapulco.

En cuanto a su temperatura, pueden considerarse como normales todos los que tienen temperaturas de 16° o más, en la zona estudiada, como algunos de los de Almoloya del Río, los de Chapultepec y Atotonilco; el de El Calvario, en Lerma; los de Amomulco y Alta Empresa. Los demás son fríos y dudoso el de Ameyalco, porque las condiciones en que brota no permitieron observar su temperatura con suficiente exactitud.

Se adjuntan en un cuadro, los principales datos de los manantiales estudiados; de los cuales sólo describiremos los más importantes, por el caudal de agua que producen, o por algún detalle especial relativo a su temperatura o a su modo de emergencia. Describiremos los siguientes: Almoloya del Río, Tepoxoco, Atotonilco, Chapultepec, Jalatlaco, Tilapa, Los Viveros, Lerma, Amomulco, Alta Empresa y Ameyalco. Todos ellos contribuyen a formar el caudal permanente del río Lerma, estimado por el ingeniero Terrés en 5 metros cúbicos por segundo; por el momento no tenemos datos sobre aforos de cada uno de los manantiales.

Manantiales de Almoloya.—Aparecen junto al pueblo de Almoloya del Río, al pie de la terraza que se inicia al Poniente de Tianguistenco y se prolonga por Santa Cruz y Almoloya, continuando hasta el arroyo de Coatepec; dicha terraza es el borde de una corriente basáltica. Los manantiales más abundantes se presentan en dos grupos situados al W. y al SW. del centro del pueblo. Surgen con circulación horizontal, escapando las aguas por las leptoclasas bastante abiertas del basalto, formándose con ellas la laguna y el río Lerma. El fondo macizo de la laguna en la parte inmediata a los manantiales, da idea de que éstos aparecen en el contacto de dos corrientes efusivas; así se explicaría la existencia de manantiales con ligeras diferencias de temperatura y los de circulación ascendente que se observan en los grupos de Pretunta,

CUADRO DE MANANTIALES

NOMBRE	UBICACION			ALTITUD	GASTO	TEMPERATURAS	
	Lugar de Referencia	Rumbo	Distancia			Agua	Ambiente
Almoleya	Almoleya del Río, Méx.	S.W.	200.0 Mts.	2573.5mts.	Muy abundante.	14° y 15°	13°
Almoleya	" " " "	W.	100.0 "	2573.5 "	"	16°	14°
Pretunta	" " " "	S.25°W.	400.0 "	2573 "	Abundante	13° y 14°	19°
Ixcayoapa	" " " "	S.	1.1 Kmts.	2573 "	"	13'	19°
Ixcayoapita	" " " "	"	1.38 "	2573 "	"	13° y 14°5	19°
Tepoxoco	Rancho Tepoxoco	SE.	250 Mts.	2571 "	Mediano	17°	17°
Atotonilco	" "	S.W.	70 "	2573 "	Pequeño	26°	17°
Chapultepec	Cumbre cerro Chapultepec	N.77°E.	550 "	2571 "	Abundante	17°5	20°
Tilapa	Tilapa	"	0.0 "	2735 "	40.5 lts. p. seg.	12°0	20°
Los Viveros	Hacienda Texcaltenco	"	0.0 "	2575 "	Abundante	14.5° y 15°	12°
El Calvario	Lerma	S.E.	0.0 "	2576 "	47 lts. p. seg.	16.5°	21°
Amomolulco	Amomolulco	N.	0.0 "	2571 "	Mediano.	15.5° y 16°	19°
Alta Empresa	"	N.11°E.	2.0 Km.	2575 "	Abundante.	17.5°	20°
Ameyalco	Ameyalco	N.W.	0.0 "	2585 "	Abundante.	16°	17°
Tepehuaie	Atlapulco	N.40°E.	1.5 "	2965 "	10 lts. p. seg.	11.5°	15°
Garabato	"	N.35°E.	2.0 "	3019 "	4 lts. p. seg.	12°	15°
Carboneras	"	N.47°E.	3.0 "	3063 "	5 lts. p. seg.	11°	15°
Sombra del Monte N° 1	"	N.66°E.	" "	3062 "	Lloraderos.	"	"
Sombra del Monte " 2	"	N.50°E.	" "	2991 "	Pequeño.	12.0°	13.0
Sombra del Monte " 3	"	N.77°E.	1.2 "	2988 "	Pequeño.	12.0°	13.5°
Tepozán	"	N.77°E.	2.0 "	3105 "	Abundante.	10.0°	13.5°
La Pila	Metepec	E.	1.2 "	2594 "	4.5 lts. p. seg.	15.5°	19.0°
Guadalupe Hidalgo	Tianguistenco	N.	6.25 "	2563 "	15 lts. p. seg.	12° y 13°	17.0°
Laguna Mirasol	Laguna Mirasol	E.	0.0 "	2672 "	Mediano.	14.5°	23.0°
Victoria	Victoria	S.	0.5 "	2686 "	5 lts. p. seg.	14.0°	22.0°
Tepozán	"	"	" "	2821 "	Pequeño.	13.0°	20.0°
Zaucos	"	"	" "	2860 "	"	13.0°	20.0°
Zaucos	"	"	" "	2850 "	Mediano.	13.0°	20.0°
Puente	Puente de Jalatlaco	"	" "	2741 "	Pequeño.	13.0°	17°
Jalatlaco	Jalatlaco	S.	" "	2738 "	"	12.0°	17°
La Canoa	"	S.	" "	2729 "	Mediano.	12.0°	16°
Yecapanteopa	"	S.	" "	2752 "	Mediano.	12.0°	16°
Yecapantlaxpac	"	N.50°E.	600 Mts.	2778 "	2.5 lts. p. seg.	12.0°	17°
Agua de Rosas	"	N.50°E.	600 "	2782 "	2.5 lts. p. seg.	12.0°	17°
Tlaxipehualapa	"	"	" "	3416 "	Pequeño.	8.0°	13.0°
Toxapa	"	"	" "	2949 "	"	11.0°	17.0°
San Pedro	Tenango del Valle	W.	0.0 "	2599 "	Abundante.	11.0°	17.0°
La Lagunilla	Tianguistenco	S.E.	10.0 Kmts.	2757 "	Pequeño.	13.0°	17.5°
Agua de Cadena	Jalatlaco	"	" "	3431 "	"	10.0°	15.5°
El Chorro	Ocuilán	N.30W.	2 "	2312 "	2.5 lts. p. seg.	16.0°	15.5°
Zictepec	San Pedro Zictepec	S.	250 Mts.	2514 "	Abundantes.	17°	20.0°

Ixcayoapa e Ixcayoapita, que podrían provenir de la base de la corriente basáltica inferior; los manantiales de Pretunta, Ixcayoapan e Ixcayoapita, aparecen también en la orilla de la laguna y en condiciones idénticas a los de Almoloya, nada más que en los grupos de segunda importancia, los manantiales que afluyen horizontalmente, son menos abundantes. El basalto está muy alterado por la acción del agua. En cuanto a la clase de roca que forma el fondo de la laguna, es difícil darse cuenta exacta, sin practicar sondeos especiales.

Manantiales de Tepoxoco.—Brotan como a un kilómetro al NW. del pueblo de Almoloya del Río, en el fondo de una zanja excavada en terrenos arcillosos y de aluvión. Son de poca consideración por su gasto, pero importantes por su circulación ascendente y su temperatura de 17°.

Manantiales de Atotonilco.—Aproximadamente a 1.5 kilómetros al NW. de Almoloya y junto al rancho de Tepoxoco, brotan igualmente estos manantiales en el fondo de unas zanjas hechas en terreno fangoso; en las principales emergencias han hecho una pequeña excavación que tiene fondo arenoso y de ahí surgen los manantiales, arrojando algo de gases con olor a hidrógeno sulfurado; los derrames se conducen por zanjas a la laguna; el agua no es muy abundante; en la localidad es reputada como medicinal, para las afecciones de la piel; su temperatura es de 26°.

Manantiales de Chapultepec.—Se encuentran en las inmediaciones del pueblo de Chapultepec y en el pie oriental del cerro basáltico del mismo nombre. El agua es abundante y surge por las leptoclasas del basalto compacto. La temperatura del agua, 17° 5, y la posición de los manantiales con relación al foco ígneo, basáltico, hacen presumir que la circulación profunda del agua debe ser ascensional, como se expresó antes. El agua se conduce por zanjas hacia la hacienda de Atenco; donde se junta con el río Lerma, empleándose para el riego de labores o de potreros, en su trayecto.

Manantiales de Jalatlaco.—En el idioma "mexicano," la palabra "xatlaco," significa en la *barranca de arena*; efectivamente, los manantiales que brotan en el cauce del río tienen ese carácter; los de Yecapanteopa, situados casi en el centro del pueblo de Jalatlaco, muestran que el agua circula en el contacto de una corriente basáltica con una capa arcillosa: en otros manantiales más elevados del mismo lugar, el agua aparece en las leptoclasas del basalto; de modo que el relieve anterior al escurrimiento de los ba-

saltos, la delgada cubierta de esas rocas, que asociada con arenas, cubrió el fondo primitivo, o el proceso de la erosión que ha destruído casi esa cubierta, determinan la aparición de esos manantiales, con circulaciones ascendentes debido a influencias locales y de poca profundidad, pero en lo general, tratándose de aguas descendentes. En conjunto producen regular cantidad de agua, que forma el caudal permanente del arroyo de Jalatlaco.

Manantiales de Tilapa.—Emergen en el pueblo de Tilapa, en un terreno bardeado, donde se conservan hermosos ejemplares de árboles (cedros), que por su antigüedad parecen haber sido de los primitivos bosques que poblaban estas regiones (Fot. 20); el suelo en que aparecen los manantiales está formado de un material detrítico de guijarros de diferentes tamaños, sin estratificación; probablemente se trata de los acarros glaciales. El manantial es de aguas frías y, aunque abundante, pierde mucha agua por la existencia de otras emergencias inmediatas al terreno protegido, que tienen un desnivel como de 5 metros más bajo (Fots. 21 y 22). Debe existir una capa inferior menos permeable, que influya en la aparición de estos manantiales. Su gasto mínimo tiene lugar en el mes de agosto, aumentando desde septiembre; una parte del agua se deriva hacia Tianguistenco, adonde llega entubada, y se destina como potable y para usos domésticos. Actualmente se trata de mejorar el sistema de conducción de esa agua; para esto será preciso mejorar también la captación del manantial, como expresaremos en el lugar correspondiente de este informe.

Cerca de estos manantiales, en terrenos un poco más bajos, han captado otro manantial, cuya agua entubada se conduce para la dotación del pueblo de Capulhuac.

El excedente de los manantiales de Tilapa va a dar al arroyo de Jalatlaco.

Manantiales de Los Viveros.—Aparecen estos manantiales a corta distancia al E. de la hacienda Texcaltenco, al borde de una corriente basáltica derivada del cerro del Tezontle, saliendo el agua por las grietas y huecos irregulares del basalto escoriáceo. Son aguas abundantes y frías, que van al río Lerma por medio de zanjas. Probablemente estos manantiales son los desagües subterráneos de la laguna del Mirasol, la que a su vez se alimenta en parte por manantiales, provenientes de los desagües subterráneos de la laguna de Victoria. El arroyo de Atlapulco desagua también en la primera de estas lagunas.

Manantiales de Lerma.—Son manantiales de poca consideración por la cantidad de agua que producen, pero son de circulación ascendente, debiendo tener su origen en la interrupción de los estratos con aguas cautivas, originada por el foco basáltico llamado cerrito del Calvario, en Lerma. La temperatura del agua es de 16°.5.

Manantiales de Amomolulco.—En la orilla N. de este pequeño poblado hay un grupo de manantiales de agua brotante, con temperaturas de 15.5 y 16°. Probablemente el ascenso del agua se verifique a favor de alguna fractura.

Manantiales de Alta Empresa.—Brotan en el fondo de una depresión en forma de embudo, existente en terreno cenagoso. Su circulación ascendente y su temperatura de 17.5° los identifican como de aguas brotantes.

Manantiales de Ameyalco.—Al pie de la sierra aparecen estos abundantes manantiales, en el mismo pueblo de San Miguel Ameyalco. La emergencia tiene lugar en un conglomerado en el que predominan grandes bloques de basalto o andesita basáltica, al lado de fragmentos de menor tamaño, sin estratificación. Los receptáculos correspondientes a las porciones permeables de los acarreos glaciales parecen dar origen a estos manantiales.

Perforaciones.—Visitamos algunos pozos artesianos en la zona estudiada: véase el cuadro:

UBICACION DEL POZO	Altitud	Prof. total	Nivel agua	Temp. agua	Temp. amb.
Casa de campo: 3 km; N. 10° W. del Cerro Metepec.....	2621 Mts.	.....	Brotante	16°0	20°0
San Cristóbal: Al N. de Chapultepec.....	2575 "	130.00 Mts.	"	16°0	13°5
La Granja: SW. de Chapultepec. (Fot. 23.).....	2602 "	46.50 "	+ 1.65	15°5	19°5
Hda. Atenco.....	2574 "	.....	Brotante	16°5	14°4

Gracias a la gentileza de los señores Gómez Tagle, propietarios del rancho San Cristóbal, situado a poca distancia al N. del pueblo de Chapultepec, pudimos obtener muestras de las diferentes capas cortadas por medio de una perforación abierta recientemente en dicha finca; el registro, formado de acuerdo con la clasificación macroscópica de las muestras, es el siguiente:

Pozo rancho San Cristóbal. México.—*Municipalidad y Estado.* Mexicalcingo, México.—*Lugar.* 150 metros al W. del rancho San

Cristóbal.—*Referencias.* Propiedad de los señores Gómez Tagle.—*Altura.* 2,575 metros.—*Profundidades.* 105 metros.—*Bombeo y carácter del agua.* Brotante.—*Cía. y sistema.* A mano.—*Fechas y notas.* Enero de 1933.

De	a	Espesor	C L A S I F I C A C I O N
Mts.	Mts.	Mts.	
.....	1.50	1.50	Tierra.
1.50	3.00	1.50	Grava y arena de pómez; arenas negras de rocas ígneas y elementos de éstas. Perm.
3.00	7.00	4.00	Idéntica a la anterior, con predominancia del material fino. Perm.
7.00	11.50	4.50	Semejante a la 2ª muestra. Perm.
11.50	15.60	4.10	Toba detrítica arcillo-arenosa, compacta, color claro. Imp.
15.06	15.95	0.35	Grava y arena andesítica limpias; granos pómez, gastados. Perm.
15.95	16.50	0.55	Cantos rodados de andesita de hornblenda, clara, alterada. Perm.
16.50	18.75	2.25	Arcilla color claro, conteniendo elementos de rocas ígneas y arenas finas. Imp.
18.75	25.65	6.90	Matatenas y grava colores claros, de rocas andesíticas. Perm.
25.65	30.60	4.95	Toba detrítica café arcillo-arenosa, con elementos de rocas ígneas. Imp.
30.60	33.00	2.40	Arcilla color claro, con elementos de rocas ígneas. Imp.
33.00	34.00	1.00	Arena muy fina, color claro. No es ceniza volcánica. Una vista rápida al microscopio reveló al Sr. Vázquez: (1) Óxidos de fierro, cuarzo, turmalina, glauconita?, zirconio? Permeable, con huecos capilares.
34.00	35.30	1.30	Arcilla amarilla, con arenas andesíticas arredondeadas. Imp.
35.30	40.20	4.90	Arena muy fina, aglutinada con arcilla. Imp.
40.20	43.40	3.20	Arenas andesíticas arredondeadas, en su mayor parte finas. Muestra lavada. Si está aglutinada, como lo parece, por algunos fragmentos, es impermeable.
43.40	45.50	2.10	Matatena y grava andesítica sueltas. Fragmento extraño, que puede ser de la capa anterior. Perm.
45.50	48.20	2.70	Toba detrítica compacta, arenosa, con poros. Imp.
50.48	47.00	6.50	Arenas grises, finas, arredondeadas, de andesita, con algo de grava. Perm.
57.00	59.00	2.00	Matatenas andesíticas.
59.00	61.80	2.80	Arena muy fina color gris claro, suelta, con granos pómez. Permeable, poros capilares.
61.80	64.00	2.20	Fragmento redondeado de arenisca.
64.00	68.25	4.25	Toba pomosa fina con guijarros estríados.
68.25	73.25	5.00	Guijarros redondeados, basálticos.
73.25	95.90	22.65	Toba detrítica compacta, amarillenta, con arenas finas. Imp.
95.90	100.00	4.10	Granos redondeados de pómez mediana y fina, blanca. Perm.
100.1	103.00	3.00	Toba detrítica amarillenta, con arena fina. Imp.
103.	105.	2.00	Fragmentos roca basáltica.

(1) Petrólogo del Instituto de Geología.

En la finca llamada "Casa de Campo," situada aproximadamente a 3 kilómetros y rumbo N. 10° W. del cerro de Metepec, existe un grupo de perforaciones artesianas. En los archivos del Instituto hemos encontrado los registros de la "Compañía Perforadora Mexicana" que se copian a continuación, y seguramente son los de la finca hoy nombrada "Casa de Campo."

Compañía Perforadora Mexicana, S. A.—Perfil de perforación número 73.—Perforación: La Asunción I. Cerca de Metepec.—Estado: México.—Lugar: hacienda La Asunción.—Sistema de perforación: de enjuague.—Número de las muestras remitidas: 7.—Número de las muestras guardadas: 7.—Remitente: Pablo Hintze, maestro perforador.—Examinado por el mismo, el 20 de noviembre de 1913.

Número de las muestras guardadas	Profundidad en metros		Espesor en metros	Designación Geognóstica
	de	hasta		
1	0	1.5	1.5	Tierra negra vegetal.
2	1.5	2.0	0.5	Arena.
3	2.0	4.5	2.5	Barro.
4	4.5	32.0	27.5	Cascajo grueso.
5	32.0	62.0	30.0	Arena barrosa con cascajo.
6	62.0	74.0	12.0	Arena fina con cascajo.
7	74.0	92.0	18.0	Conglomerado.

Compañía Perforadora Mexicana, S. A.—Perfil de perforación número 74.—Perforación: La Asunción II.—Cerca de Metepec.—Estado: México.—Lugar: hacienda La Asunción.—Sistema de perforación: enjuague.—Número de las muestras remitidas: 8.—Número de las muestras guardadas: 8.—Examinado por Pablo Hintze, maestro perforador, el 20 de noviembre de 1913.

Número de las muestras guardadas	Profundidad en metros		Espesor en metros	Designación Geognóstica
	de	hasta		
1	0	1.0	1.0	Tierra negra vegetal.
2	1.0	3.5	2.5	Barro arenoso.
3	3.5	23.0	19.5	Arena con piedritas (aluvión).
4	23.0	75.0	52.0	Arena barrosa con cascajo.
5	75.0	76.5	1.5	Piedra pómez.
6	76.5	108.0	31.5	Barro negro con materia orgánica.
7	108.0	118.5	10.5	Arena con cascajo grueso (andesita).
8	118.5	121.0	2.5	Andesita suelta.

CIA. PERFORADORA MEXICANA, S. A.—(Firmado.)

Compañía Perforadora Mexicana, S. A.—Perfil de perforación número 78.—Perforación: La Asunción III.—Cerca de Metepec.—Estado: México.—Lugar: hacienda La Asunción.—Sistema de perforación: de enjuague.—Número de las muestras remitidas: 8.—Número de las muestras guardadas: 8.—Remitente: Pablo Hintze, maestro perforador.—Examinado por el mismo, el 20 de noviembre de 1913.

Número de las muestras guardadas	Profundidad en metros		Espesor en metros	Designación Geognóstica
	de	hasta		
1	0	1.0	1.0	Tierra negra vegetal.
2	1.0	6.5	5.5	Toba arenácea.
3	6.5	42.0	35.5	Arena poco barrosa.
4	42.0	70.0	28.0	Arena gruesa con material pomoso.
5	70.0	76.0	6.0	Fango negro (Turba).
6	76.0	89.0	13.0	Barro arenoso.
7	89.0	97.0	8.0	Fango.
8	97.0	115.5	18.5	Barro arenoso.

CIA. PERFORADORA MEXICANA, S. A.—(Firmado.)

Compañía Perforadora Mexicana, S. A.—Perfil de perforación número 79.—Perforación: La Asunción IV.—Cerca de Metepec.—Estado: México.—Lugar: hacienda La Asunción.—Sistema de perforación: de enjuague.—Número de las muestras remitidas: 11.—Número de las muestras guardadas: 11.—Remitente: Pablo Hintze, maestro perforador.—Examinado por el mismo, el 20 de noviembre de 1913.

Número de las muestras guardadas	Profundidad en metros		Espesor en metros	Designación Geognóstica
	de	hasta		
1	0	1.0	1.0	Tierra negra vegetal.
2	1.0	2.5	1.5	Ceniza volcánica.
3	2.5	12.0	9.5	Arena gruesa.
4	12.0	21.0	9.0	Arena gruesa.
5	21.0	30.0	9.0	Cascajo de andesita.
6	30.0	54.5	24.5	Barro arenoso.
7	54.5	57.5	3.0	Cascajo de andesita.
8	57.5	90.2	32.7	Barro arenoso.
9	90.2	122.0	31.8	Barro arenoso con cascajo.
10	122.0	129.0	7.0	Arena gris.
11	129.0	129.5	0.5	Andesita suelta.

CIA. PERFORADORA MEXICANA, S. A.—(Firmado.)

También consideramos ilustrativo el siguiente corte de la perforación hecha en el Paseo Colón de Toluca:

Compañía Perforadora Mexicana, S. A.—Perfil de perforación número 86.—Perforación: "Paseo Colón."—Cerca de Toluca.—Estado: México.—Lugar: Calzada "Paseo Colón."—Sistema de perforación: enjuague.—Número de las muestras remitidas: 7.—Número de las muestras guardadas: 7.—Remitente: Agustín Putz, maestro perforador.—Examinado por el mismo, el 11 de noviembre de 1914.

Número de las muestras guardadas	Profundidad en metros		Espesor en metros	Designación Geognóstica
	de	hasta		
1	0	0.50	0.50	Tierra negra (arena fina de material volcánico mezclada con tierra vegetal, color negro).
2	0.50	0.80	0.30	Tepetate (arena fina de material volcánico, mezclada con substancias arcillosas color amarillo obscuro).
3	0.80	4.50	3.70	Cantos rodados (grava de andesita).
4	4.50	17.00	12.50	Arena con cantos rodados (arena fina, gris clara, de material volcánico).
5	17.00	28.00	11.00	Arena con cantos rodados (arena fina, gris clara, de material volcánico).
6	28.00	71.00	43.00	Arena fina (arena fina, gris clara, de material volcánico en el que se distinguen partículas de pómez).
7	71.00	200.00	129.00	Basalto, tepetate y arena (arena fina, gris obscura, de material volcánico).

El nivel del agua subió hasta 21.40 metros bajo la superficie.

CIA. PERFORADORA MEXICANA, S. A.—(Firmado.)

Pozos excavados.—Dada la abundancia de manantiales en la zona estudiada, los pozos excavados son de escasa importancia. Existen en la planicie, cortando aguas freáticas a diversas profundidades, según la altura relativa del lugar en que se practicaron; en la zona un poco más elevada desde Almoloya del Río, Santa Cruz, Tinguistenco, Capulhuac, San Miguel Almaya, etc., las obras de esta clase encuentran también aguas freáticas, que por su aislamiento

relativo del nivel de saturación, con relación al nivel hidrostático general de la planicie, calificaremos como aguas "epifreáticas." Estos receptáculos se apoyan sobre corrientes basálticas, desde Capulhuac hasta Almoloya, pareciendo ser abundantes en Tianguistenco, donde la capa puede estar reforzada por las infiltraciones del canal que atraviesa dicha población.

UBICACION	Altitud	Profundidades		Temperaturas	
		Agua	Total	Agua	Ambiente
Tianguistenco, orilla W.....	2618	2.00	3.50	12°	16°
Tianguistenco, orilla S.....	2625	1.20	4.50	14°	15°
Capulhuac, al N., dist. 150 m. del Centro.....	2620	2.50	5.00	12°5	18°5
Capulhuac, al N., dist. 400 m. del Centro.....	2620	2.20	5.00	12°0	18°5
Rancho Las Animas.....	2572	1.60	2.60	13°0	16°0
Rancho La Libertad.....	2573	2.11	2.30	14°0	20°0
Pueblo Chapultepec.....	2578	5.00	6.00	12°0	20°0
Hacienda Atenco.....	2574	1.50	4.50	14°5	14°
Pueblo de Metepec.....	2615	4.50	6.00	15°½	19°5
San Andrés del Ocote, camino a Calimaya.....	2639	25.00	26.00	13°5	19°5
San Andrés del Ocote.....	2614	5.50	6.00	12°5	18°0
San Miguel Almaya, orilla E....	2700	1.50	2.00	12°5	21°0

Condiciones de las aguas en los receptáculos subterráneos.—

Son aguas freáticas o sin presión hidrostática, las aguas subterráneas contenidas en: receptáculos en "leptoclasas" de las andesitas; en el contacto de éstas con el suelo residual, permeable y absorbente por la gran cantidad de residuos vegetales, como en las partes elevadas cubiertas de bosques; en las grietas, huecos irregulares y zonas escoriosas o fragmentarias de las corrientes basálticas; en las acumulaciones de arenas, aluviones o tilitas sin consolidación

Las aguas subterráneas que circulan en el contacto inferior de las corrientes basálticas y que suelen ascender por grietas, y las aguas que circulan en las capas mal estratificadas o en las acumulaciones irregulares de las masas transportadas por los antiguos ventisqueros, cubiertos por capas del mismo origen, pero con menores grados de permeabilidad y a veces compactas y agrietadas,

dan lugar, debido a la inclinación de los receptáculos en ambos casos, a manantiales con débiles presiones que se manifiestan por la circulación ascendente, en los manantiales.

Las aguas subterráneas contenidas en las capas permeables, más o menos profundas del relleno de la planicie, en donde alternan con capas arcillosas prácticamente impermeables, son aguas cautivas, que ascienden al ser cortadas por perforaciones y que de modo natural suben hasta la superficie, siguiendo las fracturas profundas o los contactos o porciones permeables de los focos basálticos que interrumpieron la continuidad de las referidas capas del relleno. Las diferencias de temperatura en esa clase de manantiales, puede indicar diferencia de procedencia en cuanto a profundidad, salvo en el caso de los manantiales de Atotonilco, donde la presencia de gases sulfurados y otros, indica su probable relación con las manifestaciones volcánicas de la región.

Potabilidad.—Las aguas de los principales manantiales de nuestra zona de estudio, son químicamente potables, como lo acreditan los análisis hechos en el Instituto, sobre las muestras de aguas de los manantiales de Tilapa, Almoloya del Río, Chapultepec y pozo artesiano de La Granja. El agua del manantial de Atotonilco, podría considerarse como tolerable, por pasarse de los límites en el residuo y en los cloruros. A continuación se copian los análisis químicos a que se hizo referencia.

ANALISIS NUMERO 3,744

Muestra de agua del manantial de Tilapa, Municipalidad de Tianguistenco, Estado de México. Remitida por el señor ingeniero Apolinar Hernández, para su análisis por potabilidad y análisis químico completo (Oficio 5618).

Análisis practicado por el señor Carlos Castro.

Análisis por potabilidad

Residuo a 110° C.	0.133 gms. por litro.
Cloruros (En Na Cl)	0.026 " " "
Materia orgánica (en oxígeno) solución ácida.	0.003 " " "

Nitritos (En KNO_2).....	Nada.
Nitratos (en KNO_3).....	0.010 gms. por litro.
Amoníaco salino (En NH_4Cl).....	Nada.
Amoníaco albuminoide.....	Nada.
Sulfuros (en H_2S).....	Nada.
Grado hidrométrico total.....	9°
Grado hidrotimétrico permanente.....	7°

Análisis químico:

Residuo a 110° C.....	0.133	" "	" "
-----------------------	-------	-----	-----

Análisis del residuo

Materia orgánica.....	0.003	" "	" "
SiO_2	0.012	" "	" "
Cl.....	0.016	" "	" "
CO_3	0.037	" "	" "
SO_4	0.009	" "	" "
NO_3	0.006	" "	" "
Fe.....	0.008	" "	" "
Ca.....	0.010	" "	" "
Mg.....	0.006	" "	" "
K.....	0.004	" "	" "
Na.....	0.015	" "	" "

México, D. F., a 2 de febrero de 1933.

Firmado: El Jefe del Laboratorio, *Carlos Castro*.

ANALISIS NUMERO 3,745

Muestra de agua del manantial de Almoloya, Municipalidad de Almoloya del Río, Estado de México. Remitida por el señor ingeniero Apolinar Hernández, para su análisis por potabilidad y análisis cuantitativo completo (Of. 5618).

Análisis practicado por el señor Carlos Castro.

Análisis por potabilidad

Residuo a 110° C.	0.127 gms. por litro.
Cloruros (En Na Cl)	0.029 " " "
Materia orgánica (En oxígeno) solución ácida.	0.002 " " "
Nitritos (En KNO ₂)	Nada.
Nitratos (En K NO ₃)	0.008 " " "
Amoniaco salino (En NH ₄ Cl)	Nada.
Amoniaco albuminoide.	Nada.
Sulfuros (En H ₂ S)	Nada.
Grado hidrotimétrico total.	9°
Grado hidrotimétrico permanente.	6°

Análisis químico.

Residuo a 110° C.	0.127 " " "
---------------------------	-------------

Análisis del residuo.

Materia orgánica.	0.002 " " "
SiO ₂	0.011 " " "
Cl	0.018 " " "
CO ₃	0.037 " " "
SO ₄	0.008 " " "
NO ₃	0.005 " " "
Fe	0.008 " " "
Ca	0.010 " " "
Mg	0.006 " " "
Na	0.015 " " "
K	0.003 " " "

México, D. F., a 2 de febrero de 1933.

Firmado: El Jefe del Laboratorio, *Carlos Castro.*

ANÁLISIS NUMERO 3,746

Muestra de agua marcada N° 3.—Procedente: del manantial de Atotonilco, Municipalidad de Santa Cruz Atizapán, México.—Remitida por el señor Luis Blásquez.—Para su análisis por potabilidad, análisis químico y análisis de gases. (Oficio 5618).

Análisis por potabilidad.

Residuo a 110° C.	0.405 gms. por litro.
Cloruros (En Na Cl)	0.035 " " "
Materia orgánica (En oxígeno) solución ácida.	0.003 " " "
Nitritos (En K NO ₂)	Nada.
Nitratos (En K NO ₃)	0.010 " " "
Amoníaco salino (En NH ₄ Cl)	Nada.
Amoníaco albuminoide.	Nada.
Sulfuros (En H ₂ S)	Nada.
Grado hidrotimétrico total.	16°
Grado hidrotimétrico permanente.	10°

Análisis químico.

Residuo a 110° C.	0.405 " " "
---------------------------	-------------

Análisis del residuo.

Materia orgánica.	0.003 " " "
Cl	0.021 " " "
SO ₄	0.012 " " "
CO ₃	0.150 " " "
NO ₃	0.006 " " "
SiO ₂	0.061 " " "
Fe	0.015 " " "
Ca	0.031 " " "
Mg	0.012 " " "
K	0.004 " " "
Na	0.067 " " "

Análisis de los gases.

Bióxido de carbono.	0.73% en volumen.
Oxígeno.	19.30 " " "
Nitrógeno.	79.97 " " "

NOTA:—El análisis por potabilidad y químico, fué ejecutado por el señor Carlos Castro, y el análisis de los gases por el señor L. Espino Flores.

México, D. F., a 20 de marzo de 1933.

Firmado: El Físico-Químico, *L. Espino Flores*.—Vº Bº El Jefe del Laboratorio, *Carlos Castro*.

ANALISIS NUMERO 3,747

Muestra de agua del manantial de Chapultepec.—Municipalidad de Mexicalcingo, México.—Remitida por el señor ingeniero Apolinar Hernández, para su análisis por potabilidad y análisis cuantitativo completo. (Oficio 5618.)—Análisis practicado por el señor Carlos Castro.

Análisis por potabilidad.

Residuo a 110° C.	0.160 gms. por litro.
Cloruros (En Na Cl)	0.028 " " "
Materia orgánica (En oxígeno) solución ácida.	0.003 " " "
Nitritos (En K NO ₂)	Nada.
Nitratos (En K NO ₃)	Nada.
Amoniaco salino (En NH ₄ Cl)	Nada.
Amoniaco albuminoide.	Nada.
Sulfuros (En H ₂ S)	Nada.
Grado hidrotimétrico total.	10°
Grado hidrotimétrico permanente.	8°

Análisis químico.

Residuo a 110° C.	0.160 " " "
---------------------------	-------------

Análisis del residuo.

Materia orgánica.	0.003 " " "
SiO ₂	0.038 " " "
Cl	0.017 " " "
CO ₃	0.040 " " "
SO ₄	0.010 " " "
Fe.	0.010 " " "
Ca	0.018 " " "
Mg.	0.007 " " "
Na	0.015 " " "

México, D. F., a 2 de febrero de 1933.

Firmado: El Jefe del Laboratorio, *Carlos Castro.*

ANÁLISIS NUMERO 3,748

Muestra de agua del pozo artesiano de La Granja.—Municipalidad de Chapultepec.—Remitida por el señor ingeniero Apolinar Hernández, para su análisis por potabilidad, y análisis cuantitativo completo. (Oficio 5618).—Análisis practicado por el señor Carlos Castro.

Análisis por potabilidad

Residuo a 110° C.	0.162 gms. por litro.
Cloruros (en NaCl)	0.029 " " "
Materia orgánica (en oxígeno) solución ácida	0.002 " " "
Nitritos (en KNO ₂)	Nada.
Nitratos en KNO ₃)	0.010 " " "
Amoniaco salino (en NH ₄ Cl)	Nada.
Amoniaco albuminoide	Nada.
Sulfuros (en H ₂ S)	Nada.
Grado hidrotimétrico total	10°
Grado hidrotimétrico permanente	8°

Análisis químico

Residuo a 110° C.	0.162 " " "
---------------------------	-------------

Análisis del residuo

Materia orgánica	0.002 " " "
SiO ₂	0.018 " " "
Cl	0.018 " " "
CO ₃	0.055 " " "
CO ₄	0.010 " " "
NO ₃	0.005 " " "
Fe	0.011 " " "
Ca	0.020 " " "
Mg	0.006 " " "
K	0.005 " " "
Na	0.015 " " "

México, D. F., a 2 de febrero de 1933.

Firmado: El Jefe del Laboratorio, *Carlos Castro*.

No se tomaron las muestras para análisis bacteriológicos, por no correspondernos dicho estudio; pero estimamos que los manantiales principales estarán libres de contaminaciones, aunque será conveniente protegerlos mediante las obras de saneamiento de los poblados inmediatos.

Recursos acuíferos.—Nos esforzaremos por valorizar el volumen del agua subterránea existente en la zona abarcada por el presente estudio, aunque advertiremos de antemano, que los resultados que obtengamos sólo podrán tomarse como una simple aproximación, pues carecemos de datos precisos acerca de los valores medios anuales de la precipitación acuosa en las diferentes zonas del área que consideramos, así como de verdaderos planos topográficos y geológicos que permitan calcular con suficiente exactitud, la extensión de las distintas formaciones geológicas, y también nos faltan los coeficientes de infiltración deducidos experimentalmente, para cada formación geológica.

De acuerdo con lo expuesto en "Datos Meteorológicos," tomamos 800 milímetros, como altura de la columna de precipitación media anual, en toda la zona estudiada; limitamos poco más o menos en el croquis, ocho zonas de formaciones geológicas, estimando, por comparación con diferentes trabajos, los coeficientes de infiltración correspondientes a cada zona:

Zona I.—Andesitas cubiertas por suelos residuales o por rocas detríticas areno-arcillosas; conglomerados y capas areno-arcillosas, formando las lomas bajas; superficies de poca pendiente en los llanos de Salazar, con terrenos cenagosos; las partes elevadas cubiertas por arbolado, y las bajas con arbustos y hierbales: coeficiente de infiltración, 0.30; superficie, 83.4 kilómetros cuadrados.

Zona II.—Porciones elevadas con arbolado, suelos arenosos en la parte baja; arenas basálticas, Malpaís, lagunas Victoria y Mirasol, arroyos permanentes: coeficiente de infiltración, 0.65; superficie, 103.61 kilómetros cuadrados.

Zona III.—Arbolado en la parte alta; tierras de labor, con suelos arenosos; coeficiente de infiltración, 0.50; superficie, 89.73 kilómetros cuadrados.

Zona IV.—Malpaís; cuencas Lagunilla y Santa Marta; vegetación abundante: coeficiente de infiltración, 0.70; extensión, 69.6 kilómetros cuadrados.

Zona V.—Andesita cubierta por suelo residual; tobas arcillo-arenosas, vegetación mediana, tierras de labor: coeficiente de infiltración, 0.25; superficie, 39.45 kilómetros cuadrados.

Zona VI.—Pendientes fuertes, vegetación abundante, lavas permeables, tobas detríticas, pomosas y arenosas; coeficiente, 0.45; superficie, 144.84 kilómetros cuadrados.

Zona VII.—Pendientes suaves; tierras de labor, suelos arcillo-arenosos, vegetación escasa: coeficiente de infiltración, 0.20; superficie, 103.44 kilómetros cuadrados.

Zona VIII.—Pendientes fuertes, con vegetación escasa; tobas arenosas, tierras de labor arenosas, con poca pendiente: coeficiente, 0.25; superficie, 36.95 kilómetros cuadrados.

Cálculo de los volúmenes del agua subterránea infiltrada:

Zona	I.—	83 400 000 m ² × 0.8 mts. × 0.30 =	20 016 000 m ³ /año.	7.6
Zona	II.—	103 610 000 m ² × 0.8 mts. × 0.65 =	58 021 600	17.8
Zona	III.—	89 730 000 m ² × 0.8 mts. × 0.50 =	35 892 000	17.8
Zona	IV.—	69 600 000 m ² × 0.8 mts. × 0.70 =	38 976 000	17.8
Zona	V.—	39 450 000 m ² × 0.8 mts. × 0.25 =	7 890 000	
Zona	VI.—	144 840 000 m ² × 0.8 mts. × 0.45 =	52 142 000	
Zona	VII.—	103 440 000 m ² × 0.8 mts. × 0.20 =	16 550 000	
Zona	VIII.—	36 950 000 m ² × 0.8 mts. × 0.25 =	7 390 000	
			Suma.....	
			= 236 878 400 m ³ /año	

El volumen total, dividido por los segundos que tiene el año: $\frac{236\ 878\ 400\ m^3}{31\ 536\ 000\ seg} = 7.511\ m^3/seg.$ representa el gasto hidráulico medio correspondiente.

Omitimos el cálculo correspondiente a la parte baja de la planicie, donde la precipitación alimenta solamente a las aguas freáticas, en relación con las cenagosas, las que no tienen valor para nuestro estudio.

Explotación.—Las aguas cautivas del subsuelo de la planicie, contenidas en receptáculos, en estratos, son brotantes en varios lugares, como lo demuestran los pozos artesianos existentes y los manantiales termales de aguas con circulación ascendente, como los de Chapultepec, Lerma, Amomolulco y Alta Empresa. Las aguas son potables y se captarán por medio de perforaciones entubadas.

Las aguas subterráneas que circulan en la base de las corrientes, basálticas, en las leptoclasas y otros conductos irregulares de las mismas rocas, deben captarse en sus emergencias por medio de tajos y socavones, combinando ambas obras con perforaciones poco profundas, que llegarán solamente a la roca en que descansan los basaltos, para facilitar el ascenso de las aguas que circulan en el contacto inferior de dichas corrientes ígneas. Este sistema es aplicable en los manantiales de Almoloya, Pretunta, Ixcayoapa, Ixcayoapita y de Los Viveros, en la hacienda Texcaltenco. Dada la abundancia de los manantiales de Almoloya y la macizez del fondo de la laguna, además de los tajos para canalizar y regularizar el fondo de las obras de captación, habría que levantar muros o diques para la contención y encauzamiento de las aguas captadas, procurando que los depósitos o canales resultantes, sean fáciles de cubrirse, si se tratara de traer dichas aguas a la ciudad de México. Las aguas que surgen en acarreos sueltos, reposando sobre capas arcillosas menos permeables, deben captarse por medio de tajos o socavones, según lo indique la topografía y la posición del estrato, relativamente impermeable, en donde se apoya la capa acuífera. Este sistema tendrá aplicación en los manantiales de Tilapa, en la mayoría de los de Atlapulco, y posiblemente en los de Ameyalco.

Las aguas freáticas y las epifreáticas, cuando sean abundantes, podrán explotarse por medio de pozos excavados, que se profundizarán hasta la base de la capa acuífera, donde podrán combinarse con galerías filtrantes. También podrán captarse por medio de tajos, donde la topografía lo permita. En general, no recomendamos el uso de estas aguas como potables, por estar sujetas a contaminaciones, excepto en lugares alejados de las zonas pobladas, pero sí podrán explotarse en algunos casos, para regadíos, mediante instalaciones de bombeo.

Los manantiales pequeños, de régimen variable, situados por lo general en las partes altas del terreno, sólo ameritarán obras exteriores, de captación, porque los acuíferos no soportarían una explotación intensa, sin agotarse, al menos temporalmente.

CONDUCCIÓN DE LAS AGUAS A LA CIUDAD DE MEXICO

En nuestro concepto, son casi nulas las ventajas que ofrece este proyecto en cooperación con las desventajas y serios problemas que implica su ejecución. El aspecto favorable se basa en la

creencia de que puede conducirse fácilmente un gran volumen de agua, por gravedad, a la cuenca de México, por medio de canales, y perforando un túnel para atravesar la sierra de Las Cruces, o bien, elevando el agua hasta el puerto de Salazar, y en ambos casos, generando energía hidroeléctrica, por medio de caídas, hasta tener el agua al nivel de los tanques de distribución, desde donde se mandaría el preciado líquido, con la presión necesaria, a la capital de la República. A primera vista, el proyecto parece conveniente; pero, en primer lugar, la valuación de los recursos acuíferos, hecha en el párrafo anterior, nos hace dudar mucho acerca del gran volumen de agua de que podría disponerse en el valle de Lerma; pues si nuestro cálculo fuere demasiado bajo, todavía queda la circunstancia de que nunca podría captarse la totalidad del agua subterránea, sino una porción razonable de ella, lo que por lo menos, haría bajar la estimación a la cantidad encontrada de 7.5 metros cúbicos por seg.; ahora bien, por los estudios que se están haciendo en la Cuenca de México, se deduce que ese volumen de agua subterránea podrá captarse con mucha mayor economía, en la misma Cuenca de México. En segundo lugar, la introducción del agua de fuentes exteriores, implicaría también serios problemas para la evacuación de esa agua hacia el exterior de la Cuenca de México. En tercer lugar, se necesita un buen plano acotado y la posterior formación del plano geológico correspondiente, en la zona comprendida entre Almoloya del Río, hacienda Texcaltenco, Amomolulco, Alta Empresa, Ameyalco, San Bartolito, Huixquilucan y puerto de Salazar, cuyos planos servirán de base para localizar los canales y el túnel; el canaleo entre Almoloya del Río y Ameyalco, ofrecería grandes dificultades, por comprender una zona pantanosa, en la que las aguas freáticas tienen alturas iguales o superiores a la de los manantiales de Almoloya, y aunque el subsuelo parece ser de la resistencia adecuada, a poca profundidad, para hacer las cimentaciones, de todas maneras las obras resultarían costosas para excluir las aguas freáticas y las de las crecientes de algunos arroyos. El estudio detallado conduciría, probablemente, a la conclusión de hacer la previa desecación de la laguna de Lerma o a elevar las aguas de Almoloya hasta la altura del pueblo del mismo nombre, para conducir las por gravedad hasta Ameyalco, y establecer otras plantas de bombeo en cada una de las captaciones, como en Texcaltenco, Amomolulco, Alta Empresa, etc. Nos fijamos en Ameyalco, para situar la boca occidental del túnel,

porque de este punto a la barranca de Huixquilucan, cerca de la base del cerro de San Bartolito, antes de la barranca del Obraje, es en donde puede atravesarse la sierra de Las Cruces, con menor longitud de túnel, contándose en Ameyalco con manantiales abundantes. El túnel cortaría tilitas acuíferas, andestias y quizá tobas andesíticas, que también contienen agua en sus contactos y fracturas; los acuíferos darían al principio enormes volúmenes de agua hasta establecerse su drenaje normal hacia el túnel, debiéndose tomar las precauciones necesarias para proteger a los obreros, y para poder seguir el avance de la obra; se necesitarían también lumbreras de ventilación y, sobre todo, fuertes ademes para atravesar las tilitas, especialmente donde los fragmentos de roca maciza estuvieran sueltos, en cuyos lugares se encontrarían mayores cantidades de agua subterránea. Podrían hacerse sondeos, perforados a lo largo de la línea de proyecto del túnel, que darían valiosos datos sobre la naturaleza y disposición de las rocas que habrían de cortarse, pudiendo servir después los mismos sondeos como lumbreras de ventilación. Según los planos de que disponemos, la distancia entre Ameyalco y la barranca de Huixquilucan, en la base del cerro de San Bartolito, es de 16 kilómetros.

Entre esta solución y la de elevar las aguas de Almoloya del Río y de otros manantiales, hasta el puerto de Salazar, con una diferencia de alturas aproximadamente de 400 metros, podría, quizá, encontrarse una solución intermedia, mediante la perforación de un túnel de menor longitud; pero como advertimos al principio, estas discusiones quedan fuera de la índole del presente trabajo, y lo dicho hasta aquí, bastará para dar una ligera idea de los problemas que se enfrentan para la conducción de las aguas de las fuentes del río Lerma, a la capital de la República.

CONCLUSIONES

I. El volumen de agua subterránea, incluyendo la de los manantiales, que puede captarse desde Almoloya del Río, hasta Ameyalco, en el Estado de México, es de 7,500 litros por segundo, aproximadamente.

II. Los manantiales de Almoloya del Río, Petrunta, Ixcayoapa, Ixcayoapita y de Los Viveros, en la hacienda de Texcaltenco, pueden captarse por medio de albercas o depósitos de poca anchura, para que puedan cubrirse fácilmente, y por la ejecución de

tajos, pequeños socavones y perforaciones poco profundas, para facilitar la descarga de los acuíferos existentes en las leptoclasas y en el contacto inferior de las corrientes basálticas.

Hay necesidad de ejecutar obras de Ingeniería Sanitaria en los lugares poblados, inmediatos a los manantiales, para evitar la contaminación de esas aguas.

III. Las aguas de circulación ascendente, como las de los manantiales de Tepoxoco, Chapultepec, Lerma, Amomolulco y Alta Empresa, deben captarse, por medio de perforaciones cementadas, para aislarlas de las aguas freáticas, que pueden estar contaminadas, o cuando menos sean fáciles de contaminarse.

IV. Las aguas de los manantiales de afloramiento, como los de Ameyalco, Tilapa, etc., podrán captarse, por medio de tajos o socavones que tendrán por piso las capas arcillosas en que reposan los acuíferos correspondientes.

Las aguas freáticas pueden explotarse para regadíos, en los lugares en que se muestran abundantes, por medio de pozos excavados, combinados con galerías filtrantes, e instalaciones de bombeo.

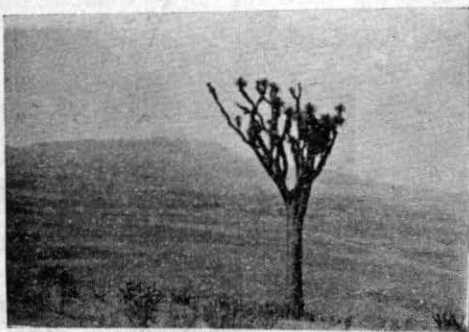
V. Es urgente la conservación de los bosques naturales, en las zonas altas del área estudiada, mediante la explotación racional de esos recursos, y la reforestación de las lomas desnudas, antes cubiertas también de bosques, cuya explotación se ha llevado hasta la destrucción de los mismos.

No debe olvidarse que la conservación de los manantiales está íntimamente ligada con la de los bosques.

México, D. F., a 20 de octubre de 1933.



Fot. 1.—Vista de la planicie, hacia Chapultepec, desde cerca del pueblo de Jajalpa, Mun. Tenango del Valle.



Fot. 2.—Nevado de Toluca, desde el cerro de Metepec.



Fot. 3.—Vista del flanco N. del Nevado de Toluca.



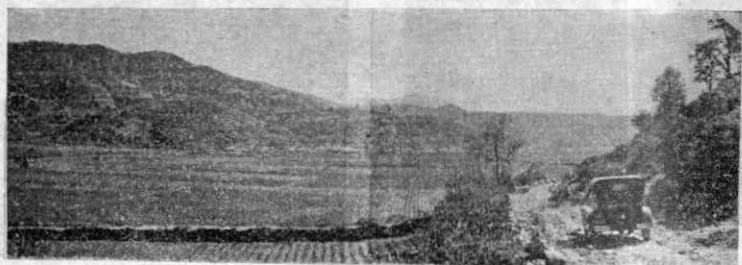
Fot. 4.—Lomas arredondeadas, cerca del pueblo de Jajalpa, Mun. Tenango del Valle.



Fot. 5.—Resumidero en los basaltos, entre San Mateo y San Pedro, Mun. Tenango del Valle.



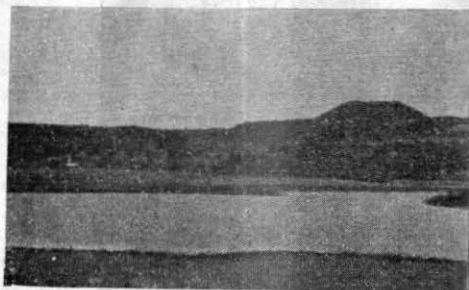
Fot. 6.—Lava basáltica en el cerro del Pedregal. Mun. San Mateo Texcaliacac.



Fot. 7.—Panorámica de Ameyalco, Mun. de Lerma.



Fot. 8.—Lomas de Farasquillo, Mun. de Lerma.



Fot. 9.—Laguna de Victoria. Al fondo el Cerro del Tezonitle, Mun. de Capulhuac.



Fot. 10.—Laguna de Mirasol. Al fondo San Miguel Almaya y los Cerros Cuates, Mun. Capulhuac.



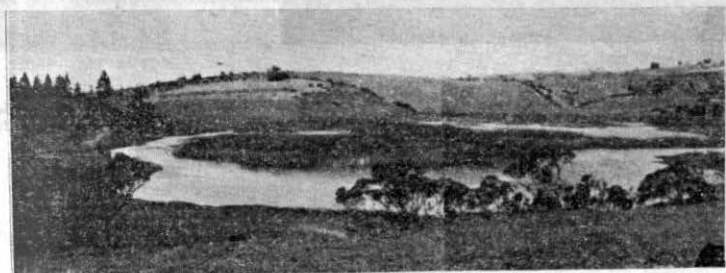
Fot. 11.—Resumidero en la laguna Mirasol.



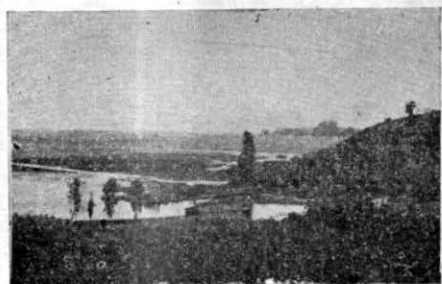
Fot. 12.—Cráter del Coahuatl, desde el borde S., Mun. Jalatlaco.



Fot. 13.—Pueblo de Almoloya del Río, Méx. Vista de N. a S.



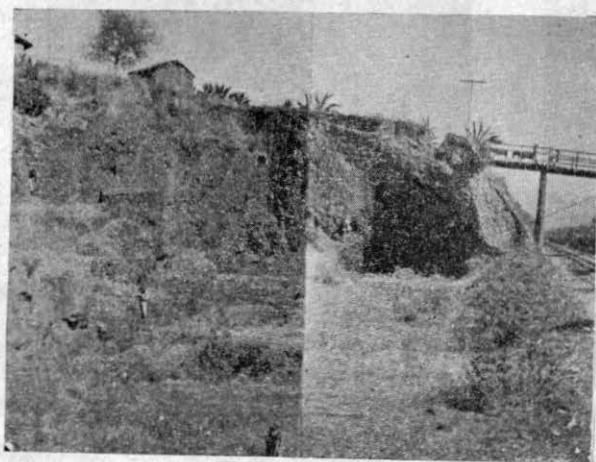
Fot. 15.—La Lagunilla, entre Coatepec de las Bateas y Santa Marta.



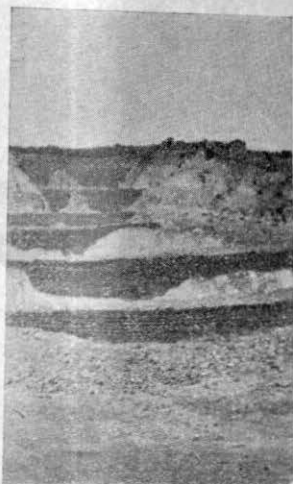
Fot. 14.—Laguna y pueblo de Almoloya del Río, Méx. Vista de S. a N.



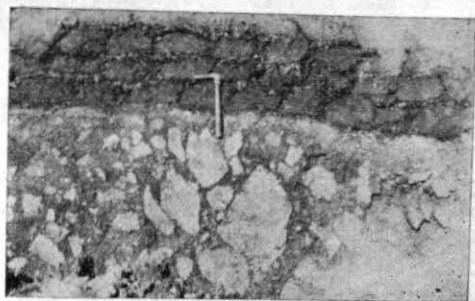
Fot. 16.—Pequeña cuenca de Santa Marta, Mun. de Oculán.



Fot. 17.—Excavación para extraer tezontle. Cerrito del Calvario, Mun. Lerma.



Fot. 18.—Terrazas artificiales en el cerrito Venta del Aire, Mun. de Capulhuac.



Fot. 19.—Detalle de uno de los cortes en el cerrito Venta del Aire, Mun. Capulhuas.



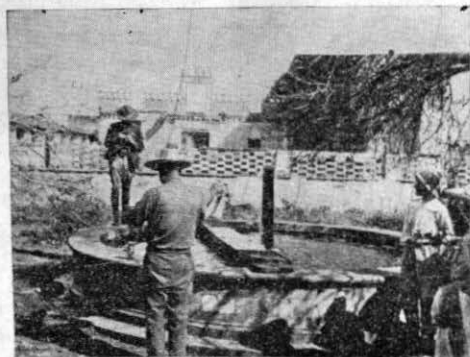
Fot. 20.—Tilapa. Los manantiales brotan al pie de la arboleda central. Al fondo los cerros Coyote y Apilulco.



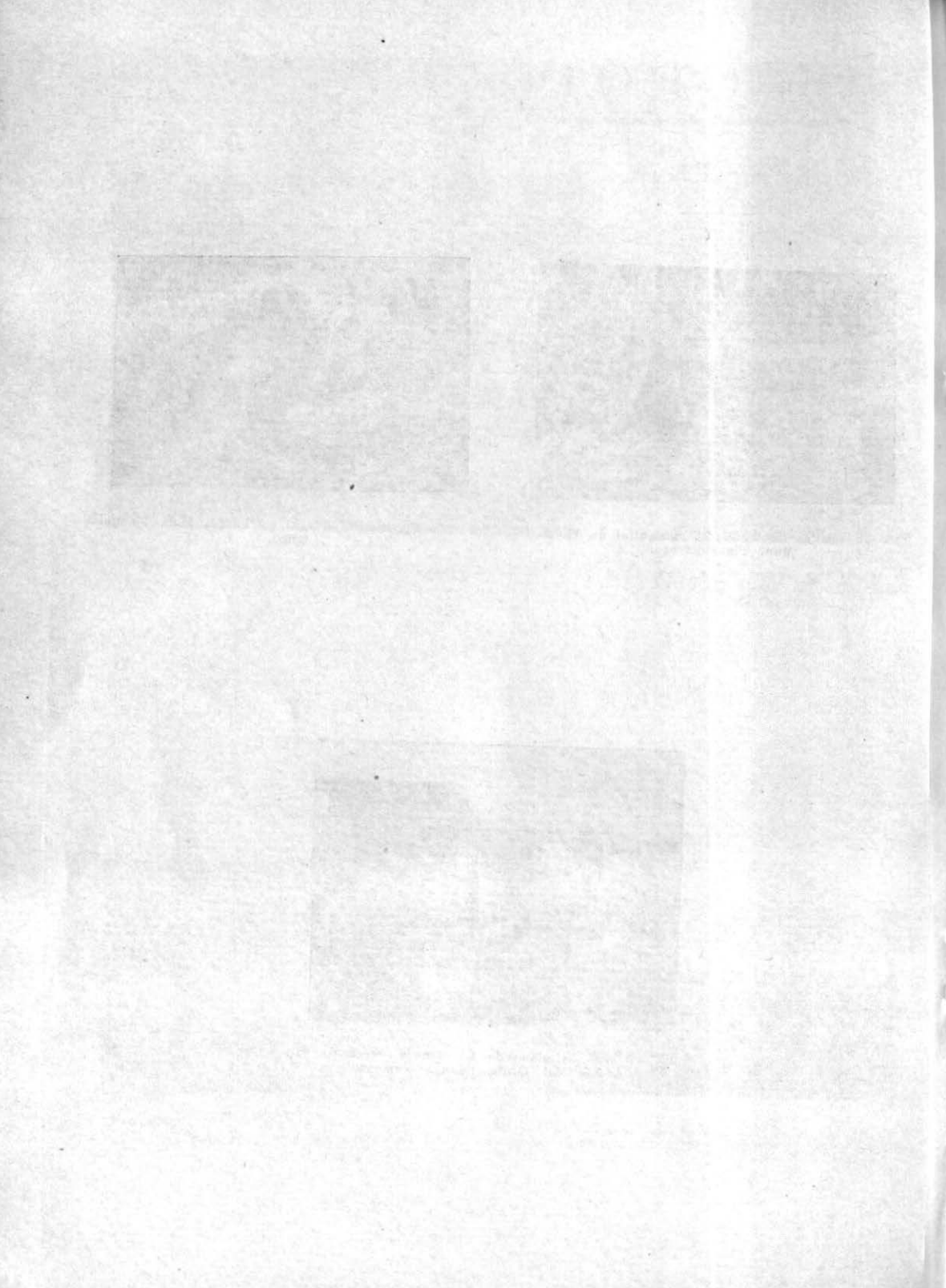
Fot. 21.—Salida del agua del manantial de Tilapa,
Mun. Tianguistenco.



Fot. 22.—Emergencia lateral en Tilapa, Mun. Tianguis-
tenco.



Fot. 23.—Pozo artesiano de La Granja, cerca de San
Andrés del Ocote, Mun. Calimaya.



GLOSARIO DE TERMINOS GEOLO-
GICOS USADOS EN ESTE TOMO

GLÓSSARIO DE TERMOS GEOLÓ-
GICOS USADOS EM ESTE TOMO

GLOSARIO DE TERMINOS GEOLOGICOS USADOS EN ESTE TOMO (1)

- ABRASIVO.**—Material o substancia usada para desgastar, raspar o pulir por acción mecánica.
- ACCIDENTE POSITIVO.**—Término que se refiere a aquellas formas o accidentes topográficos que, por ser resultado de la erosión u otros agentes geológicos, se elevan sobre el nivel general del terreno. Estas formas contrastan con las negativas, que son generalmente depresiones abajo de ese nivel.
- ACUIFERO (receptáculo).**—Término que se aplica a cualquier formación geológica que contiene agua susceptible de aprovechamiento.
- ACUIFEROS (receptáculos multiformes).**—Receptáculos que ofrecen formas distintas en sus diversas partes constitutivas.
- „ (receptáculos unidos).—Receptáculos que se unen entre sí.
- ACUO-GLACIAL (sedimento).**—Depósito en cuya formación han intervenido simultáneamente la acción del agua y del hielo.
- AFORO.**—Medida de la cantidad de agua que lleva una corriente en la unidad de tiempo.
- AGUAS brotantes.**—Llamadas también *artesianas*. Las aguas subterráneas que por soluciones de continuidad o por perforaciones y debido a la presión hidrostática a que se encuentran sometidas, ascienden hasta un nivel superior a la superficie del terreno.
- „ *cautivas.*—Las aguas subterráneas que sometidas a presión hidrostática, por estar confinadas, parcial o totalmente, en un receptáculo acuífero inclinado.
- „ *epifreáticas.*—Las aguas subterráneas detenidas por rocas impermeables a niveles superiores al nivel general de las

(1) Por el Ing. Teodoro Flores.

aguas freáticas y formando zonas locales de saturación independiente de la principal.

AGUAS freáticas.—Las aguas subterráneas que no tienen presión por encontrarse contenidas en terrenos permeables.

„ *potables.*—Las aguas que satisfacen los requisitos físicos, químicos y bacteriológicos fijados por la experiencia para no dañar la salud, si son consumidas en estado natural.

„ *subterráneas.*—Las aguas que circulan o están retenidas en los intersticios o cavidades internas de la litósfera, en cuya forma constituyen parte integrante de la hidrósfera.

ALUVION.—Material depositado de una manera permanente o transitoria por las corrientes de agua que está comúnmente constituido por guijarros, gravas y arenas, etc., principalmente, por lo que dichos depósitos más bien son incoherentes.

CAPAS DE ESTRATIFICACION.—Las menores divisiones de una formación sedimentaria, que se distinguen entre sí por presentarse como láminas colocadas unas encima de otras, y separadas por superficies o planos más o menos paralelos. Llamados también estratos.

CAPTACION.—La captación de las aguas subterráneas consiste en recoger o reunir dichas aguas por medio de pozos, socavones, etc., u otras obras encaminadas a ese fin.

CAUCE.—Lecho de un río, arroyo o cualquiera otra corriente de agua.

CENIZA VOLCANICA.—Material pulverulento, que es arrojado por los volcanes durante sus erupciones de carácter explosivo. Constituye un material que por su color, textura y aspecto físico general se asemeja a la ceniza ordinaria.

CIENAGA.—Sitio bajo y húmedo, pantanoso, lleno principalmente de cieno.

CLASTICA (Roca o textura).—Término descriptivo que se usa en petrografía para describir una roca formada por fragmentos de otras rocas. También se aplica este término a la textura de la roca.

COEFICIENTE DE INFILTRACION.—Relación que existe entre las cifras que representan, por una parte, el agua infiltrada en una región determinada y por la otra, la precipitación pluvial en la misma.

CUENCA HIDROGRAFICA.—Depresión del terreno en la que se encuentran los arroyos subafuentes, afluentes, etc., y ríos que forman una red hidrográfica.

CUENCA DE RECEPCION O DE ALIMENTACION.—Superficie del terreno en donde caen las aguas de precipitación pluvial que alimentan a determinada red hidrográfica.

CUARZO.—Bióxido de silicio cristalizado, de fórmula Si O_2 .

DESFORESTADO.—Un sitio o región desprovista de árboles que han sido talados para la explotación de madera.

DETRITUS.—Término general que se aplica para designar los sedimentos formados por partículas incoherentes, originadas por el desgaste de las rocas bajo la acción de diferentes agentes geológicos.

DRENE O DREN.—Zanja que se abre para desaguar un terreno. Más especialmente se aplica este término en hidrología para designar la obra de captación por medio de la que se abate el nivel hidrostático de un acuífero.

EMERGENCIA.—Se usa este término en hidrología para designar cualquiera manifestación superficial de un acuífero.

ESCURRIDERO.—Manantial de carácter temporal cuyo gasto por lo general pequeño, está en relación directa con la estación de lluvias en una región; estos manantiales se originan en terrenos permeables y emergen frecuentemente arriba del nivel hidrostático general.

ESTIAJE.—Caudal mínimo que tiene una corriente de agua durante la estación del año comprendida entre la primavera y el otoño, que corresponde a la temporada de secas.

FENOCRISTALES.—Término que se usa en petrografía para designar a los cristales de tamaño relativamente grande de la especie o especies minerales, que entran en la constitución de una roca ígnea de carácter porfirítico.

FORMACION REGOLITICA.—La regolita es la capa de material pétreo incoherente, de cualquier origen, que cubre como un manto a las rocas macizas duras del subsuelo. La formación regolítica contiene muchas clases de material pétreo, tales como fragmentos sueltos de rocas ígneas, cenizas volcánicas, aluviones, suelos, etc.

GEOMORFOGENIA.—La parte de la Geología que trata del origen, desarrollo y evolución de las formas del terreno.

GLACIACION.—El efecto de erosión producida sobre el terreno por la acción del hielo. Esta acción se verifica en una co-

- marca, cuando está cubierta por un ventisquero, agente geológico que ejerce una acción especial de erosión, transporte y depósito.
- GLAUCONITA.**—Especie mineral compuesta esencialmente de un hidrosilicato de hierro y potasio; es generalmente de color verde y constituye a veces las llamadas “arenas verdes.”
- GRAVA.**—Término que se usa para designar al conjunto de pequeños fragmentos sueltos de piedra o a una mezcla de éstos y arena; los fragmentos han sido originados por la acción del agua o del viento y son de tamaño algo mayor que los que forman las arenas.
- HEMATITA.**—Óxido de hierro de la fórmula Fe_2O_3 que contiene, cuando es bastante puro, 70% de hierro metálico.
- HIDROGEOLOGIA.**—Rama de la Ciencia Geológica que se ocupa del estudio de las condiciones en que se encuentran las aguas subterráneas.
- HIDROGRAFIA.**—Parte de la Geografía Física que describe las redes hidrográficas o los ríos importantes de una región.
- HOYA.**—Concavidad u hondonada grande formada en el terreno.
- INCLUSION.**—Término usado en petrología para designar a un fragmento de roca de cualquier tamaño, contenido en la masa de otra roca ígnea de naturaleza petrográfica diferente. Equivale a *xenolita* y a *enclave*.
- LEPTOCLASA.**—Término usado por Daubrée para designar a las fracturas menores que atraviesan a una roca o formación geológica.
- MANANTIAL.**—Descarga natural de las aguas subterráneas en la superficie del terreno.
- „ (frío).—Aquel cuyas aguas tienen una temperatura inferior a la media anual del lugar, aumentada esta última 2° C.
- „ (termal).—Aquel cuyas aguas tienen una temperatura superior a la media del lugar, aumentada esta última 2° C. ma 2° C.
- MAGMA.**—Término usado en petrología para designar la masa pétreo fundida que al solidificarse, por enfriamiento, constituye las rocas ígneas.
- MAGNETITA.**—Óxido de hierro de la fórmula Fe_3O_4 , que contiene cuando es pura, 72.4% de hierro metálico.
- MALPAIS.**—Región casi desprovista de vegetación en la que la erosión en lugar de excavar colinas y valles del tipo ordinario, ha cortado una complicada serie de barrancas an-

gostas y crestas que la hacen intransitable, siendo llamada por esto *malpaís*. En México, donde el volcanismo es tan intenso, el malpaís está generalmente constituido por extensas corrientes de lavas basálticas de carácter escoriáceo.

MATATENA.—Canto rodado pequeño.

MICROLITA.—Cristal muy pequeño visible solamente bajo el microscopio. También se aplica este término a pequeños cuerpos en forma de agujas o barritas que se presentan en las rocas vitrificadas.

MORRENA.—Acumulación de rocas, cantos, arenas y tierras transportados por un ventisquero y finalmente depositados en sus bordes o en su parte media. Se llama también más propiamente "canchal."

NIVEL PIEZOMETRICO.—Nivel que alcanzan las aguas subterráneas sometidas a presión, cuando ascienden por conductos naturales o artificiales.

PANTANO.—Hondonada o terreno anegadizo de fondo cenagoso, donde se estancan las aguas; el adjetivo pantanoso se aplica al terreno donde hay pantanos o donde abundan charcos y cenagales.

PARTE-AGUAS.—La cresta montañosa o línea más elevada del terreno cerca de la que se originan las corrientes de agua que corren en direcciones opuestas y que sirven de límite a las cuencas hidrográficas.

PERMEABILIDAD.—Propiedad que tienen las rocas o los terrenos de dejarse atravesar por los flúidos; el término aplicado en hidrología, se refiere especialmente a las aguas.

” *continua.*—La que es propia de rocas porosas o incoherentes, como arenas, aluviones, cenizas volcánicas, etc., en las cuales las cavidades están formadas por los intersticios que separan los elementos constitutivos.

” *localizada.*—La que se presenta en rocas coherentes o compactas, agrietadas, en las que las cavidades están formadas por las fracturas (litoclasas) que las surcan.

PLEISTOCENO.—La primera división que se hace en la Cronología Geológica de la Tierra, del período Cauternario, que se divide en Pleistoceno (llamado también Glacial) y en Reciente.

POMEZ.—Roca volcánica de textura vítrea, muy porosa, a veces

fibrosa y frágil, que es generalmente de color blanco o gris claro.

PUERTO.—Accidente fisiográfico formado por una depresión entre dos montañas la que constituye un paso fácil entre ellas.

RESUMIDERO.—Sitio o lugar donde penetra el agua hacia el interior del terreno.

ROCA IGNEA.—Roca originada por el enfriamiento y consolidación de una masa pétreo (magma) primitivamente fundida.

ROCA SEDIMENTARIA.—Roca formada por los materiales transportados o por la acumulación de partículas sólidas, contenidas generalmente en el agua, que se han asentado, o roca formada, en otros casos por fenómenos de precipitación química. Un carácter esencial de estas rocas es el de presentarse en capas paralelas sobrepuestas que, se conocen con el nombre de capas o lechos de estratificación.

ROCA DE ORIGEN HIDROCLASTICO.—Roca sedimentaria constituida por fragmentos de diversas rocas depositadas bajo la acción del agua.

ROCA DE ORIGEN PIROCLASTICO.—Roca constituida por el material fragmentario que se origina durante las erupciones volcánicas de carácter explosivo.

RIO.—Corriente de agua que tiene un desarrollo longitudinal superior a 100 kilómetros y cuyo gasto medio anual es por lo menos de 1 metro cúbico por segundo.

„ *de régimen permanente.*—Río en cuyo lecho corren aguas constantemente durante todo el año, aunque varían más o menos en cantidad, según la estación de secas o de lluvias.

„ *de régimen torrencial.*—Ríos cuyas aguas corren de una manera impetuosa y poco duradera a consecuencia de grandes lluvias o aguaceros.

„ *consecuente.*—Río cuyo curso o dirección depende y está controlado por la estructura geológica del terreno en que corre o por la forma y pendiente de dicho terreno.

„ *antecedente.*—Río cuyo curso depende de una estructura geológica anterior, previamente establecida, y diferente de la estructura actual de la comarca en que atraviesa el río; esta estructura anterior está generalmente en relación con un accidente tectónico importante del terreno, tal como un sistema de fallas y pliegues.

SUELO.—El material terroso que cubre a las rocas, cuyo espesor puede variar desde unos cuantos centímetros hasta unos pocos metros, que es generalmente el terreno donde crecen las plantas. Toma el nombre de “suelo residual” cuando no ha sufrido transporte alguno por el agua, sino que descansa sobre la roca de cuya alteración proviene.

TEXTURA.—Se llama textura de una roca a la disposición o modo de arreglo de los fragmentos, partículas o cristales de que se compone una roca dependiendo del conjunto total de estos caracteres el aspecto físico y estructura aparente de la roca. Así, en petrología, se distinguen distintas clases de textura, por ejemplo: la *hipocristalina*, que corresponde a una roca formada en parte por minerales cristalizados, y en parte por minerales amorfos; y en otras tales como *hipidiomórfica*, *vítrea*, *clástica*, etc.

TEZONTLE.—Roca ígnea de origen volcánico de textura vesicular, generalmente de naturaleza basáltica o andesítica.

THALWEG.—Línea que marca el fondo de un valle y es el camino que siguen las aguas de las corrientes naturales.

TILITA.—La porción de un acarreo glacial compuesto de material fragmentario de bordes esquinados constituidos por una mezcla de fragmentos de rocas, de gravas, arenas, etc. Generalmente ha sufrido poco o ningún transporte por el agua.

TURMALINA.—Especie mineral de composición química compleja, que corresponde a un silicato de alúmina a veces con algo de hierro, magnesia y cal.

VENTISQUERO.—Corriente o manto de hielo que se forma en la parte elevada de las montañas en las altas latitudes del globo. La masa de hielo está dotada de un movimiento muy lento de descenso hacia la parte baja de los valles.

VERTEDOR.—Dispositivo que se usa en hidráulica para medir el gasto de la corriente de un río o de un canal. En algunas presas se llama vertedor de demasías y se construye a un lado o arriba de la cortina y sirve para que las aguas contenidas por la presa se derramen durante las grandes avenidas y también para el aforo del gasto de la presa.

XENOLITA.—(Véase Inclusión.)

ZIRCON.—Especie mineral cuya composición corresponde a un silicato de zirconio, de fórmula $Zr Si O_4$.