



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
75-77	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 pueblo de Jalisco, Man. Toluca del Valle.
- Fig. 2.- Sección de Toluca desde el centro de Toluca.
- Fig. 3.- Vista de Toluca, Man. Toluca del Valle.
- Fig. 4.- Sección transversal de la zona del pueblo de Jalisco, Man. Toluca del Valle.
- Fig. 5.- Sección en los canales sobre San Mateo, Man. Toluca del Valle.
- Fig. 6.- Vista de Toluca en el centro del Toluca, Man. Toluca del Valle.
- Fig. 7.- Vista de Toluca, Man. Toluca del Valle.
- Fig. 8.- Vista de Toluca, Man. Toluca del Valle.
- Fig. 9.- Vista de Toluca, Man. Toluca del Valle.
- Fig. 10.- Vista de Toluca, Man. Toluca del Valle.
- Fig. 11.- Remolino en la laguna de Toluca.
- Fig. 12.- Vista de Toluca, Man. Toluca del Valle.
- Fig. 13.- Vista de Toluca, Man. Toluca del Valle.
- Fig. 14.- Vista de Toluca, Man. Toluca del Valle.
- Fig. 15.- Vista de Toluca, Man. Toluca del Valle.
- Fig. 16.- Vista de Toluca, Man. Toluca del Valle.

PLANCHAS

Plancha 1.- Vista de Toluca, Man. Toluca del Valle.

Plancha 2.- Vista de Toluca, Man. Toluca del Valle.

Plancha 3.- Vista de Toluca, Man. Toluca del Valle.

Plancha 4.- Vista de Toluca, Man. Toluca del Valle.

Plancha 5.- Vista de Toluca, Man. Toluca del Valle.

Plancha 6.- Vista de Toluca, Man. Toluca del Valle.

Plancha 7.- Vista de Toluca, Man. Toluca del Valle.

Plancha 8.- Vista de Toluca, Man. Toluca del Valle.

Plancha 9.- Vista de Toluca, Man. Toluca del Valle.

Plancha 10.- Vista de Toluca, Man. Toluca del Valle.

Plancha 11.- Vista de Toluca, Man. Toluca del Valle.

Plancha 12.- Vista de Toluca, Man. Toluca del Valle.

Plancha 13.- Vista de Toluca, Man. Toluca del Valle.

Plancha 14.- Vista de Toluca, Man. Toluca del Valle.

Plancha 15.- Vista de Toluca, Man. Toluca del Valle.

Plancha 16.- Vista de Toluca, Man. Toluca del Valle.

INDICE DE MATERIAS

HIDROGEOLOGIA DEL VALLE
DE MORELIA, MICHOACAN

HIDROGEOLOGIA DEL VALLE
DE MORELIA. MICHOACÁN

HIDROGEOLOGIA DEL VALLE DE MORELIA, MICH.

Por el Ing. Apolinar Hernández

INTRODUCCION

El presente trabajo tiene por objeto definir la circulación y las acumulaciones de aguas subterráneas explotables, en la zona estudiada, e indicar, hasta donde sea posible precisarlo, las obras que deben ejecutarse para llevar a cabo las captaciones; la iniciativa corresponde al C. Director del Instituto de Geología, ingeniero Manuel Santillán, quien se había dado cuenta del ingente problema que se ha presentado en la ciudad de Morelia, para su dotación de agua potable. Se vió, por otra parte, que el informe rendido por el señor Heriberto Camacho, en el año de 1919, y publicado en el Tomo II, año 1925, de los Anales del Instituto Geológico de México, bajo el título: "Las aguas subterráneas del Valle de Morelia," no tenía la precisión requerida, ni daba las orientaciones necesarias para la resolución del problema antes aludido, por cuya razón se emprendió un nuevo estudio.

No está por demás referir, en términos muy generales, las condiciones en que la ciudad de Morelia se ha abastecido de agua potable: desde la época Colonial se hizo la toma de las aguas del río Chiquito, en el lugar llamado Los Filtros (Fot. núm. 4), situado a 4,200 metros de distancia del centro de la ciudad, y a rumbo S. 47° E., haciéndose la conducción por medio de un acueducto de mampostería, que se ve en la Colonia del Bosque, y se conserva como un monumento histórico y aun artístico. Es de creerse que en aquella época, las aguas del río Chiquito escurrían bastante puras y claras, porque toda la cuenca receptora estaba, sin duda, cubierta del bosque natural de pinos y encinos, que, de una manera quizá inconsciente, han venido explotando, hasta llegar al abuso o des-

trucción del mismo, con los perjuicios que podían haberse previsto. La tala inmoderada se comenzó en la cuenca del arroyo Carindapaz, que tiene su confluencia con el río Chiquito, a unos 1,600 metros aguas arriba de Los Filtros; una vez destruída la vegetación protectora, el suelo comenzó a deslavarse, y las aguas pluviales arrastraron la tierra vegetal y las capas arcillosas, hasta dejar la roca ígnea y maciza, casi al desnudo (Fot. núm. 12), haciéndose impotable el agua del río Chiquito, por la gran cantidad de arcillas en suspensión, durante las temporadas de lluvias; estas circunstancias obligaron la construcción del acueducto García de León, de unos 4.5 kilómetros de longitud, para tomar las aguas en el lugar llamado El Palmito, excluyendo las de los arroyos Carindapaz, Las Majaditas y Agua Zarca. Desgraciadamente, esa lección no fué aprovechada, pues se continuó la destrucción de los montes en los alrededores de los pueblitos Jesús del Monte y San Miguel del Monte, donde la erosión ha deslavado grandes volúmenes de arcillas ferruginosas muy finas (Fots. núms. 5 y 6), que no se pudieron eliminar del agua, por filtración, ni por el empleo de coagulantes, durante la estación lluviosa que era cuando se deslavaban, de modo que volvió a presentarse la necesidad de tomar el agua desde los límites de las zonas no desforestadas, haciéndose tomas en los arroyos Rebello, Peral, río Chiquito y La Escondida, conduciéndose las aguas al canal García de León, por medio de tuberías de cemento; estas obras fueron dirigidas por el ingeniero Vázquez del Mercado, por el año de 1926. En la rama troncal del río Chiquito, la tubería de cemento cruzaba repetidas veces el cauce, ocasionándose desperfectos durante las avenidas, y teniéndose que construir en el presente año, un tramo de acueducto de mampostería, desde cerca del campamento hasta Agua Caliente, dirigiendo la construcción el ingeniero Ricardo M. Gutiérrez. También se decidió, recientemente, la conducción independizada, por medio de ramales de tuberías de cemento o de barro, de numerosos y pequeños manantiales que aparecen en la región alta del río Chiquito y de sus tributarios, creándose una red de más de 20 kilómetros de tuberías que se alojaron a poca profundidad, en el suelo; pero bien por no haberse juntado convenientemente los tubos, o por haberse empleado el barro para esa operación, pronto han sufrido serias obstrucciones las tuberías, por el desarrollo de grandes tapones de raíces, principalmente de las plantas llamadas "jaras," que en busca del preciado elemento pe-

netran y crecen con gran rapidez, dentro de los conductos, impidiendo el que éstos desempeñen su cometido. Por lo demás, hasta el año pasado, no se logró eliminar el agua rebotada, o "charandosa," como se dice en Morelia.

Es de advertirse que si la deforestación hubiera continuado, habrían desaparecido muchos de los pequeños manantiales de la cuenca alta, a que nos hemos venido refiriendo, pues la mayoría de ellos son de circulación muy poco profunda, ligada íntimamente con la existencia de las primeras capas del subsuelo, que pronto habrían sido destruidas por la erosión.

En esas circunstancias, y no habiendo encontrado el Gobierno del Estado una buena cooperación técnica en las personas a quienes había encomendado la resolución de ese problema, y deseoso dicho Gobierno de dar agua potable a la ciudad de Morelia, aceptó la proposición del señor don Fernando Arámburo, para ejecutar algunas obras de exploración en busca de aguas subterráneas, dentro del trayecto del río Chiquito, comprendido entre El Campamento y El Palmito, de cuyos buenos resultados nos ocuparemos a su debido tiempo.

En estas condiciones, el ingeniero M. Santillán fué invitado por el General Lázaro Cárdenas, Gobernador del Estado de Michoacán, para visitar el lugar donde se iniciaban dichas obras de exploración, con objeto de que diera su opinión respecto a los trabajos que se estaban ejecutando.

El ingeniero Santillán aprobó el programa de trabajos iniciados, solamente con ligeras modificaciones, y sugirió la conveniencia de hacer un estudio hidrogeológico completo, del valle de Morelia, tomando en consideración los distintos factores que lo afectan. De acuerdo con lo anterior, y con beneplácito de parte del Gobierno del Estado, el Instituto de Geología emprendió los estudios a que se refiere el presente informe.

Para el desempeño de nuestra comisión, nos proporcionó el Gobierno de Michoacán dos planos de la cuenca del río Chiquito, y hemos contado con todas las facilidades y ayuda de parte del C. Gobernador del Estado, así como de sus subordinados, por cuyo motivo hacemos constar nuestros sinceros agradecimientos.

FISIOGRAFIA

En la región cubierta por nuestro estudio, es mayor el área correspondiente a los terrenos quebrados o montañosos (aproximadamente 710 kilómetros cuadrados), que la ocupada por las planicies (340 kilómetros cuadrados), ya sean éstas sensiblemente horizontales o de moderada inclinación. Tres sistemas montañosos principales, limitan nuestra zona: por el E., la prolongación de la Sierra de Ozumatlán, que se extiende de NE. a SW., hasta los cerros, bastante elevados de Atécuaro o de Las Animas, cuyos remates cónicos no son simétricos, por tener pendientes más fuertes hacia el Norte. Por el S., la parteaguas tiene dirección aproximada de W. a E., correspondiendo los accidentes orográficos, al alineamiento de los cerros Cuanajo y San Andrés, en los que se observan terminaciones cónicas, y que limitan los valles de Lagunillas y Acuitzio. Hacia el W., el valle de Morelia se limita por las elevaciones que existen del cerro Pelón al cerro de Quinceo, cuyo alineamiento es de SW. a NE. El cerro Pelón es de forma troncocónica bastante regular, apreciándosele bien su drenaje radial. El Quinceo es un aparato volcánico, de perfil cónico, aunque tiene una pequeña mesa en la cumbre; sus flancos de mayor pendiente ven al N. Las Tetas del Quinceo, son dos conos basálticos, situados al S. del Quinceo (Fot. núm. 21). Los accidentes que completan el modelado del terreno, son: la gran mole del cerro del Aguila (Fot. núm. 24), de forma cónica y de base amplia, con el lomerío bastante alargado, que se prolonga hasta el pueblo de Cointzio; otro lomerío más largo que el anterior, limita por el W. el valle de Morelia, desde el Barrio de Santiaguito hasta la hacienda de Quirio; por el E., en el mismo tramo expresado, el límite del valle está constituido por el enlace de los cerros Punhuato, Blanco y Prieto, y los de Charo, que van descendiendo en elevación hacia Quirio, en cuyo lugar más bien existen lomas.

Las principales planicies, subordinadas a los accidentes positivos que hemos bosquejado, son: la de Lagunillas, con superficie aproximada de 26 kilómetros cuadrados, conectada con la de Acuitzio-Tirepitío; esta última con 44 kilómetros cuadrados aproximadamente, y comprendiendo hasta Santiago Undameo; la de Tirio-Santa Rosalía, 10 kilómetros cuadrados, aproximadamente; la de Morelia, 160 kilómetros cuadrados; la de San

José Tarímbaro-Uruétaro, 59 kilómetros cuadrados, poco más o menos, y la de Irapeo-Charo, de unos 38 kilómetros cuadrados. Vamos a describir cada una de ellas, procurando dar idea de sus relaciones o ligas con los accidentes orográficos.

La planicie del valle de Lagunillas, es de forma alargada, en dirección WE., según la que tiene, aproximadamente, su pendiente general. Este valle, el más elevado de los que recorrimos, está limitado: al N. por el cerro del Aguila; al W., por los cerros de Chapultepec, y al S. por los de Cuanajo y San Andrés, siendo este flanco el de mayor pendiente; la planicie sufre un estrechamiento hacia Coapa, en su conexión con la de Tirepitío. El valle de Acuitzio se une en su parte baja, con el de Lagunillas, formándose la planicie de Tirepitío, que se prolonga hacia Santiago Undameo. Los límites del valle de Acuitzio son: por el E., el cerro del Melón; por el S., los cerros del Zopilote y La Huizata; por el SE., el cerro del Agua Fría; por el W., los cerros Viejo y San Andrés; el caserío del pueblo de Acuitzio está fincado sobre el plano inclinado que conduce a los cerros últimamente nombrados. El valle de Tirepitío se estrecha para formar la cañada de Santiago Undameo, la que tiene, hacia el SE., la planicie de Santa Rosalía-Tirio, separada por el cerro del Melón, del valle de Acuitzio; por el SE., se limita este valle secundario, por los cerros de Amécuaro; por el E., la parteaguas sigue por los cerros que unen los de Amécuaro con los de Atécuaro o de Las Animas, los que a su vez sirven de límite por el N. a este valle secundario. El valle de Undameo se estrecha gradualmente hacia Santa Mónica, y sigue en forma de cañón hasta llegar a la planicie de Morelia, cerca y al N. de Cointzio.

La parte baja del valle de Morelia, en su porción SW., consta de una faja pantanosa que se extiende a lo largo del curso del río Grande; junto a esa faja, y al E. de ella, se advierte otra zona alargada, de anchura desigual, de tierras laborables poco inclinadas hacia el thalweg; hacia el E., el terreno va ganando altura, por la interposición de terrazas, más o menos bien marcadas, y de lomas bajas, hasta llegar a un banco o ceja de dirección N. 56° E., que con ligeras inflexiones se extiende desde Cointzio hasta Santa María, formando un escalón de 20 a 60 metros de altura, aproximadamente. Sobre este banco, y siempre hacia el E., el terreno afecta las formas de planos poco inclinados, o de lomas alargadas,

que conducen hasta la zona montañosa que consideramos antes, como prolongación de la sierra de Ozumatlán.

Al S., y al SW. de Cointzio, la depresión principal del valle de Morelia presenta alargamientos, siguiendo pequeños valles de erosión, como el que viene de Capula y Tacícuaro, y la rinconada que nombran Cola de Pato, al S. de Cointzio. En esta zona del SW. y en la W. del thalweg principal, hasta La Quemada y Los Ejidos, la mayoría de los terrenos de labor están sobre corrientes delgadas, de lavas modernas, provenientes de los cerros Aguila, Pelón, Tetas del Quinceo y Quinceo mismo; de modo que el aspecto fisiográfico general, del terreno comprendido entre dichas montañas y la faja pantanosa del río, es el de planos inclinados, interrumpidos por salientes irregulares de Malpaís.

La meseta que se extiende de Santa María a Jesús del Monte, presenta un corte o escalón, no enteramente vertical, de 70 metros de altura, aproximadamente, con dirección casi EW., que se extiende desde El Molino hasta un poco al SW. del Parque Juárez. (Fot. núm. 19.)

La planicie de Morelia se extiende al SW., S., SE. y E., de la ciudad, la que está situada sobre una loma, alargada de W. a E. aproximadamente, que se liga con el cerro Punhuato. El vallecito La Soledad-el Barreno, al NW. de Morelia, es pantanoso en su parte baja; está separado del río Grande, por las lomas de Santiaguito, y se drena, no completamente, por medio de un tajo de corta longitud, hacia el río de Morelia.

El valle de Morelia se pronlonga hacia el NE., hasta cerca de Quirio, estando su flanco occidental formado por cerros o lomas relativamente de poca altura, que se enlazan entre sí, desde Santiaguito hasta la hacienda de Quirio. El límite oriental del valle, en su porción que estamos considerando, es mucho menos regular, y más extenso, contando con cerros más elevados que el borde del W., en las parteaguas, las que se distribuyen desordenadamente, y con valles secundarios bastante importantes, como el de Charo. En el trayecto dicho, es de poca anchura la planicie que se forma a los lados del thalweg, y está ocupada principalmente por tierras de labor. Cerca de Quirio, el valle se ensancha y experimenta un fuerte cambio de dirección hacia el W., uniéndose con la extensa planicie que se inicia al NE. de la hacienda de Quinceo, y se extiende por Tarímbaro y las haciendas Colegio, San José, Uruétaro, Coecillo, El Venado, etc. Esta planicie, correspondiente a un va-

El secundario, con relación al de Morelia, es muy amplia e importante desde el punto de vista agrícola, por la gran extensión de tierras de labor que comprende, así como por las buenas perspectivas que ofrece para la explotación de las aguas subterráneas.

La planicie de Irapeo-Charo, correspondiente a otro valle secundario, se inicia como un vallecito en anfiteatro, bastante alto, en Irapeo, el que se comunica hacia el N., con el de Charo; éste tiene una prolongación hacia el SE., por las haciendas del Molino y Surumbeneo; al E. y al SE. de Charo, existen buenas tierras de labor, en el fondo del valle.

Nos queda por describir la cuenca del río Chiquito de Morelia: su parte alta, queda en terreno montañoso y quebrado (Fots. números 7, 9 y 10), con excepción del vallecito de San Miguel del Monte, y otro más pequeño situado al pie del Cerro Azul, llamado de La Lagunilla; el resto corresponde a los estrechos valles de erosión de los afluentes del río Chiquito, y al del mismo thalweg, que se amplía un poco en San Miguel del Monte y entre El Campamento y el rancho de Rebello, correspondiendo la terminación del valle del arroyo de Rebello o río Bello, a la planicie alargada, poco extensa, en que está ubicado el rancho. Aguas abajo, desde El Palmito, hasta El Molino, el valle del río Chiquito, es de erosión, bastante encajonado y profundo, teniendo varios cambios de dirección. Los cerros más notables, por su forma y altura, en la cuenca alta del río Chiquito, son: el cerro Azul, con su remate en forma cónica, y los acantilados de La Peña de San Pedro (Fots. número 17 y 18), y de La Torrecilla.

HIDROGRAFIA

El río principal, a cuya cuenca hidrográfica se limita el presente estudio, es el río Grande de Morelia: tiene un trayecto de 26 kilómetros, aproximadamente, con rumbo N. 21° E., desde Acuitzio hasta Morelia; de aquí a Quirio, recorre 25 kilómetros con dirección general N. 47° 30' E.; después se desvía hacia el Poniente y hacia el SW., describiendo casi una semicircunferencia, y volviendo a tomar una dirección NNE., llega a la laguna de Cuitzeo. Tiene como principal afluente al río Chiquito de Morelia, cuya cuenca receptora, de unas seis mil hectáreas, está comprendida, en su mayor parte, en la región montañososa situada al SW. de Morelia, abarcando desde el cerro Azul hasta los montes del Agua Escondida. El punto de confluencia con el río Grande de Morelia, está situado

al W. de esa ciudad. Vamos a describir, con más detalles, cada uno de estos ríos.

Río Grande de Morelia.—Nace al SE. de Acuitzio, siendo permanente, por estar alimentado en ese lugar, por importantes manantiales y numerosos escurrideros que descienden de los cerros elevados y cubiertos de vegetación, como los que limitan ese valle. Estas aguas son bien aprovechadas, por medio de acequias de derivación, para el riego de los terrenos de la parte baja del valle de Acuitzio, inclusive la planicie de Tirepitío. La dirección general del río es de S. a N., estando su cauce bien definido y cortado a poca profundidad, en los aluviones o rellenos de la planicie. Recibe, por el rumbo de Coapa, el arroyo de Lagunillas, con dirección general de W. a E. Al llegar a Santiago Undameo, el río conserva la dirección antes expresada, y recibe, por el SE., los arroyos de Tirio y de la barranca de San Pedro, de aguas permanentes. De Undameo a Santa Mónica, el río se encaja en su valle de erosión, que en el último lugar expresado, tiene la sección característica en forma de V, propia de los ríos jóvenes. A poca distancia, aguas abajo del lugar destinado a la cortina de la presa de Santa Mónica, existe una cascada de unos 15 metros de altura, prolongándose el acantilado, sobre todo en el flanco W. del cañón, hasta cerca de la Planta Hidroeléctrica de Cointzio, donde termina.

Otro afluente importante, aunque no de aguas permanentes, baja por el SW., de Capula a Tacicuaro, y llega a la ciénaga que existe al W. de Cointzio, llamada La Alberca; ahí concurre también el arroyo de la rinconada "Cola de Pato." En Las Juntas, se reúnen el río de Undameo, o río Grande de Morelia, y el de La Alberca; a poca distancia, al NE., se recibe el contingente del arroyo de La Huerta, y después el de Las Tierras, que tiene tributarios de nombres variados, según el lugar por donde pasan, arroyos que descienden desde los elevados cerros de Las Animas y de La Máscara. Desde La Alberca hasta Morelia, el curso del río Grande no se puede explorar fácilmente, a causa de los pantanos en que se forman charcos profundos. Los terrenos de la hacienda La Huerta, hacienda del Arco, Rancho Nuevo, etc., se riegan con aguas derivadas del río, por medio de un canal que comienza junto a la cascada de Santa Mónica; ese mismo canal crea una caída de agua que genera energía eléctrica, en la pequeña planta de Cointzio, energía que se consume bajo diferentes formas, en la Escuela Agrícola de La Huerta.

Por la margen izquierda, se une al río principal, el arroyo de La Quemada, y en las inmediaciones de Morelia, casi al W. de la estación del ferrocarril, se encuentra la confluencia del río Chiquito de Morelia. De este punto hacia el NE., el río va describiendo algunas sinuosidades, pero disminuye de anchura la zona pantanosa, y también se estrecha el valle correspondiente. El afluente más importante de los que siguen, es el que con aguas permanentes, baja por El Molino y Surumbeneo, al valle de Charo, donde se riega, por medio de canales o acequias de derivación, una superficie bastante grande de buenas tierras de labor. Otro afluente del río Grande, es el arroyo de San José, que nace cerca de la hacienda de Quinceo, y sigue por la parte más baja de la planicie que se extiende hacia Tarímbaro, Uruétaro, Coecillo, etc.; también hay aguas permanentes y terrenos pantanosos a lo largo de ese cauce.

Río Chiquito.—Es un sistema de drenaje superficial, de forma dendrítica. Su origen está en los montes de La Lobera y de La Lechuguilla, teniendo dos ramas principales, correspondientes a las barrancas de La Lobera, y del Alacrán, que se unen en La Presita de La Lechuguilla, de cuyo punto al Campamento, cerca de Jesús del Monte, el río tiene una dirección media de 19° al NW., recorriendo una distancia aproximada de 5 kilómetros. Por el S., se unen al río Chiquito, abajo de San Miguel del Monte, los arroyos de La Cuadrilla y del Agua Escondida; el primero escurre con dirección aproximada de N. 50° E., con desarrollo de unos 2.5 kilómetros, y el segundo, que nace en el puerto de La Maravilla, tiene un recorrido de 3.5 kilómetros, y una dirección general N. 23° E. Por la margen derecha se une al río Chiquito el arroyo del Salitre, que baja del Cerro Azul, con dirección EW., cerca del Campamento, a unos 140 metros, aguas abajo, se encuentra la confluencia del arroyo del Peral, que nace en las estribaciones del Cerro Azul; tiene una dirección media de N. 57° W., y longitud aproximada de 3 kilómetros. A unos 100 metros más adelante, se junta el arroyo de río Bello, que también baja del Cerro Azul, con dirección N. 62° W., y longitud de 3.5 kilómetros, poco más o menos. Todos esos arroyos tienen aguas permanentes, debido a los manantiales que en ellos nacen; son de régimen torrencial, dada la inclinación de sus lechos, y lo quebrado del terreno que drenan.

Entre el Campamento y la confluencia con río Bello (Fot. número 14), el río Chiquito tiene un rumbo de N. $22^\circ 30'$ E., y

recorre uno 800 metros; de aquí a la confluencia con el arroyo de Carindapaz, hay en línea recta, una distancia aproximada de 3 kilómetros, con rumbo N. 25° W.; a la mitad de ese trayecto, el río tiene dos puntos de inflexión, más notables, que corresponden a la unión de los pequeños arroyos del Agua Zarca y de Las Majaditas. El arroyo de Carindapaz es bastante importante, por su longitud, de unos 5.5 kilómetros; su dirección aproximada es N. 64° W; pasa un poco al N. del antiguo aserradero de San José, llamado ahora Rancho de San José, por cuyo lugar escurre el arroyo de Laureles, afluente del que estamos considerando; ambos son de aguas permanentes, que les llegan de las partes altas y boscosas; las partes media y baja de esta cuenca, como dijimos al principio, están actualmente desforestadas y deslavadas.

De la confluencia del arroyo Carindapaz, hasta El Molino, el río Chiquito recorre 1.5 kilómetros, con rumbo N. 47° W., pasando por Los Filtros, donde ahora los tanques sirven únicamente de almacenamiento, partiendo de ellos la tubería que conduce el agua a Morelia.

Desde la confluencia con río Bello, o más bien desde El Palmito, situado a unos 500 metros aguas abajo, el curso del río Chiquito es bastante encajonado, y de profundidad alrededor de 100 metros (Fot. núm. 16). De El Molino en adelante, el cauce canalizado en partes, está alojado en los rellenos de la planicie, sin ser profundo, y no presenta interés el corte, para nuestro estudio.

Aforos.—La Comisión Nacional de Irrigación nos proporcionó, bondadosamente, varios datos sobre los aforos que ha practicado en los ríos Chiquito y Grande de Morelia, y en los manantiales de Santiago Undameo; de ellos insertamos los siguientes:

(Los aforos de los ríos constan en los cuadros adjuntos.)

“Manantiales de Santiago Undameo, que afloran en el vaso de Santa Mónica.”

Margen derecha:

El Sabino.....	4.0 l. p. s.
Sanguijuela (20 ojos de agua) ..	2.1 „
A. Colorado (varios veneros) ...	2.2 „
Santa Mónica.....	0.4 „

Margen izquierda:

Jácuaro (3 manantiales).....	75.0 „
Uruapilla (varios importantes) .	244.6 „

GEOMORFOGENIA

Dos causas principales han influido en el modelado de la zona estudiada: el volcanismo y la erosión. La primera obró en tres períodos, concentrando su acción constructiva en las zonas montañosas actuales, por la acumulación de los productos de las erupciones, dando lugar a la existencia de tres familias de rocas ígneas, como diremos después. La erosión con sus dos fases, constructiva y destructiva, obrando de continuo y predominando la erosión fluvial, modeló las masas de rocas ígneas, encauzándose los arroyos según las primeras depresiones existentes en las masas de lavas o en sus extremos (cursos consecuentes), o bien, como sucedió en el río Chiquito, entre el Campamento y El Molino, las últimas corrientes lávicas no llegaron a colmar el antiguo arroyo, y el río no cambió de localización, sino que volvió a cortar su lecho en el nuevo material (curso antecedente). (Fots. números 2 y 3). El proceso constructivo sedimentario a que antes aludimos, consistió en el depósito de diferentes rocas en capas, algunas de las cuales posteriormente han sido a su vez erosionadas, subsistiendo algunas porciones que constituyen lomas y terrazas en lugares relativamente bajos del valle.

De un modo general se puede afirmar que las irregularidades de la superficie del terreno, se explican por las causas dichas, y no por la existencia de fallas importantes, de cuya existencia no podríamos aducir pruebas.

Lista de alturas, sobre el nivel del mar, en metros

Estaciones sobre el Ferrocarril de México a Uruapan

Queréndaro	1,832
Zinzimeo	1,832
Quirio	1,846
Charo	1,861
La Goleta.....	1,874
Atapaneo	1,868
Morelia	1,886
La Huerta.....	1,903
Jácuaro	2,003
Coapa	2,054
Lagunillas	2,083
Fontezuela	2,131

Ciudades y pueblos

Morelia, centro.	1,921
Morelia, Inspección de Policía.....	1,915
Morelia, Loma del Zapote.....	1,937
Morelia, Garita Santiaguito.....	1,890
Morelia, cantera Santiaguito.....	1,932
Morelia, campo aviación.....	1,906
Santa María.....	2,022
Jesús del Monte.....	2,156
San Miguel del Monte.....	2,124
Irapeo	1,993
Santiago Undameo.....	2,030
Santiago Undameo, puente.....	2,001
Tirepitío.....	2,013
Tirepitío, valle, planicie.....	2,007
Acuitzio	2,070

Haciendas, ranchos y lugares importantes

Hacienda de Quirio.....	1,845
Hacienda Venado	1,838
Hacienda Uruétaro.....	1,841
Hacienda San José.....	1,860
Hacienda San José, perforaciones.....	1,865
Hacienda Quinceo	1,911
Hacienda Rincón	1,920
Hacienda Coapan	2,031
Rancho Coecillo Chico.	1,844
Rancho San José, antigua aserradero.....	2,119
Rancho Rebello	2,065
Rancho Durazno	2,107
Rancho Nuevo	1,890
San José Izícuaru.....	1,964
Tirio	2,030
Presa Santa Mónica.....	1,958

Carretera a México, en construcción

Puerto de Buenavista, kilómetro 7.....	2,032
Puerto Los Copales, kilómetro 10.5.....	2,048
Puerto Presidente Ortiz Rubio, kilómetro 26.....	2,149
Campamento El Temascal, kilómetro 30.....	2,223

Rocas

Riolita, kilómetro 6, carretera a México.....	2,008
Riolita, estribaciones del Cerro Azul.....	2,343
Riolita, falda cerro de La Presa.....	2,094
Riolita, cerro de La Lobera, rancho San José....	2,134
Riolita, arroyo Carindapaz.....	2,049
Riolita, Jesús del Monte.....	2,089
Riolita, arroyo Rebello.....	2,168
Riolita, Loma Santa Rosalía, Santiago Undameo	2,056
Toba riolítica, arroyo Laurelito, rancho San José	2,114
Toba riolítica, cerro de La Presa.....	2,144
Toba riolítica, Jesús del Monte.....	2,089
Toba riolítica, arroyo Jesús del Monte.....	2,065
Toba riolítica, confluencia arroyo Agua Zarca con el río Chiquito.	2,025
Toba riolítica, cerca manantial Alameda, Acuitzio	2,125
Basalto en Jesús del Monte.....	2,082
Brecha basáltica, Charo.....	1,900
Arenas basálticas, cerca de Tacúcuaro, y cerro Pelón	2,093
Areniscas, camino Charo-Quirio.....	1,877
Cenizas volcánicas, camino Charo-Quirio.....	1,884
Extremo corrientes basálticas, cerca del Barreno.	1,889

Cerros

Cumbre, cerro Quinceo.....	2,654
Principio bosque pinos, cerro Quinceo.....	2,384
Cráter Punhuato	2,008
Cumbre Cerro Azul.....	2,500
Peña San Pedro.....	2,400
Pico La Torrecilla.....	2,190
Cerro San Andrés o de La Nieve (H. Camacho).....	3,282

Cuenca río Chiquito

El Molino.....	1,916
Los Filtros.....	1,955
Confluencia arroyo Carindapaz.....	1,975
Confluencia arroyo Las Majaditas.....	1,985
Confluencia arroyo Agua Zarca.....	2,025
Tajo en El Palmito.....	2,026

Pozo de captación número 2.....	2,032
Pozo de captación número 1.....	2,040
El Campamento.....	2,043
Captaciones rancho Rebello.	2,063
Unión arroyos Tijera y Chilar, principio de Re- bello	2,296
Vallecito La Lagunilla.....	2,323
Captación manantial Peral número 1.....	2,225
Captación manantial Peral número 3.....	2,171
Captación manantial La Pera.....	2,235
Captación El Barrancón.....	2,178
Captación Los Carindapaces.....	2,175
Captación Los Capulines.....	2,172
Mantiales del Agua Caliente.....	2,110
Captación Los Ailes.....	2,193
Captación Ciénaga Seca.....	2,207
Presita de La Lechuguilla.....	2,195
Captación Zarzamoral números 1 y 2.....	2,211
Captación Zarzamoral números 3 y 4.....	2,221
Captación Blanchafón Grande.	2,197
Captación Blanchafón Chico.	2,208
Captación La Mora.....	2,260
Manantial Peña de San Pedro.....	2,250
Manantial El Molcajete.....	2,307
Manantial Los Capulines.....	2,326
Manantial y captación La Marta.....	2,390
Toma de agua arroyo La Escondida.....	2,280
Ojo de agua de Jesús del Monte.....	2,084
Manantial en Jesús del Monte, tubería 3 pulga- das, conducción agua potable para Santa Ma- ría	2,078
Manantial en Jesús del Monte, tubería 2 pulgadas, conducción a Santa María.....	2,085
Manantial Potrero de la Higuera, Jesús del Monte	2,061
Manantial cerca Casa de Cristal, Morelia.....	1,915
Manantial El Barreno.....	1,897
Manantial del Obispo, hacienda Quinceo.....	1,910
Manantial de Jesús María, hacienda Quinceo. . . .	1,915
Manantial La Quemada	1,906

Manantial El Salto	1,892
Manantial Sindurio	1,904
Manantial Tiníjaro	1,903
Manantial Piedras Negras	1,900
Manantial hacienda El Arco.....	1,895
Manantial Rancho Nuevo	1,890
Manantial Potrerillos	1,905
Manantial Potrerillos agua dulce.....	1,902
Manantial Planta Hidroeléctrica de Cointzio.....	1,902
Manantial junto al Balneario Cointzio.....	1,900
Manantial Balneario Cointzio	1,909
Manantial San Antonio Parángare.....	1,963
Manantial Uruapilla, Santiago Undameo.....	2,022
Manantial El Sabino, Santiago Undameo.....	1,978
Manantial Jácuaro, Santiago Undameo.....	1,979
Manantial Aróstaro, Acuitzio	2,020
Manantial Querérimo	2,073
Manantial Ojo de agua Grande, Acuitzio.....	2,031
Manantial Ojo de agua Chiquito.....	2,039
Manantial Los Higos, Acuitzio.....	2,048
Manantial Alameda, captación servicio en Acuit- zio	2,115

Pozos cerca de Morelia

Parte baja Colonia Zapote.....	1,906
Junto Inspección de Policía.....	1,912
Fraccionamiento del Aguacate.....	1,910
Orilla SW. de la ciudad.....	1,912
El Tanquecito, pedrera cerca Parque Juárez.....	1,917

GEOLOGIA

Rocas.—Existen rocas ígneas y sedimentarias, en la zona estudiada. Las primeras y más abundantes, son: andesitas, tobas andesíticas, riolitas, brechas riolíticas, tobas riolíticas, basaltos, brechas basálticas, arenas y tezontles. Las segundas son: areniscas, cenizas estratificadas, tobas detríticas, conglomerados, aluviones, arcillas, tierra vegetal y formaciones regolíticas.

Andesitas.—Se encuentran varios afloramientos de corta extensión: uno cerca del puerto de Los Copales, en el kilómetro 10.5 de la carretera de Morelia a México, donde la roca está ape-

nas descubierta por el corte del camino, mostrando un color verdoso, y siendo bastante dura y quebradiza, dando la ruptura aristas vivas; se le distinguen cristales de color obscuro. La clasificación microscópica hecha en el Instituto, por la Sección de Petrografía, sobre la lámina número 7,328, dió los siguientes resultados: "andesita cálcica." Textura: "hipocristalina." Constituyentes minerales bien diversificados: "andesina, andesina cálcica, oligoclase-andesina (muy poco de ésta última). Masa: "vítrea." Minerales accesorios: "hornblenda y óxidos de fierro."

El segundo afloramiento andesítico, también de corta extensión, se encuentra al pie del cerro Viejo; aproximadamente a un kilómetro y medio al SW. de Acuitzio, en el nacimiento del manantial de La Alameda. La roca es de color gris o gris rojizo; compacta, áspera al tacto y mostrando cristallitos negros, alargados, que suelen estar orientados en la misma dirección; la masa está dividida por leptoclasas, pareciendo ser el extremo de una corriente erosionada. La clasificación microscópica, hecha por la Sección de Petrografía, es la siguiente: "andesita de augita e hiperstena," "hipocristalina." Matriz: "vítrea, con fenocristales." Contiene "oligoclase, andesina y labradorita," como minerales bien diversificados; y como accesorios: "hornblenda, augita, biotita, hematita y magnetita."

En los cerros de Atécuaro hay andesitas muy semejantes.

Tobas andesíticas.—Se encuentran en los lugares siguientes: kilómetro 16.4 de la carretera de Morelia a México, sobre la andesita; su color es gris claro, la masa es arenosa, conteniendo inclusiones blanquizas de pómez y manchas amarillo-rojizas, provenientes de la oxidación de algunos de sus elementos; forma un banco, erosionado, bastante extenso. La clasificación microscópica, según la lámina número 7,327, es: "toba andesítica, vítrea;" contiene: "feldespatos demasiado pequeños para su identificación; andesina fragmentada, incolora." Masa: "vítrea, conteniendo también fragmentos de vidrio volcánico." Accesorios: "hematita."

La parte inferior del banco de las lomas de Santa María, por las muestras recogidas en la cantera cercana al Parque Juárez, de la que se extrae el material llamado localmente "tepetate," resultó ser toba andesítica (Fot. núm. 20). El banco que forma se extiende hasta Santiago Undameo. La roca es porosa, de color blanco, algo rosado; contiene inclusiones de pómez y partículas de rocas ígneas, arredondeadas; en una parte del banco, distribuidas

irregularmente, se presentan las muy curiosas esferas de roca vítrea, cuya génesis sería interesante estudiar. Clasificación microscópica: lámina número 7,323, "toba andesítica." Constituyentes minerales bien diversificados: "cristales minúsculos de feldespatos sódicos (oligoclasa y andesina), y xenolitos." Masa: "vidrio volcánico, originalmente en burbujas."

En la confluencia del arroyo del Agua Zarca con el río Chiquito, la parte media y baja del banco de tobas volcánicas se compone de una toba de color rosado; tiene, diseminadas irregularmente, arenas finas y gruesas, arredondeadas, y fragmentos de pómez. La roca es porosa y relativamente suave. Descripción macroscópica: clase de roca, piroclástica; textura, clástica; estructura, en banco. Descripción microscópica: clase de roca, "Hipocristalina; fenocristales ipidiomórficos, en masa vítrea." "Toba andesítica." Constituyentes minerales bien diversificados: "andesina, labradorita y cuarzo." Masa, "tobácea, vítrea." Accesorios: "óxidos de hierro."

Cerca del manantial de La Alameda, en Acuitzio, existe sobre la andesita, un banco de toba de color rojizo, poco compacta, que parece también ser andesítica.

Riolitas.—Afloran en varios lugares: kilómetro 7 de la carretera a México; a uno y otro lado del río Chiquito, en Jesús del Monte y cerro de La Presa; en el arroyo de Carindapaz; en los contrafuertes del Cerro Azul; en la hacienda de La Huerta en la cascada de Santa Mónica; en Santa Rosalía y en los cerros de Atécuaro o de Las Animas. La textura de estas rocas es: vítrea, en el cerro de La Presa, Cerro Azul y Jesús del Monte; compacta, en el arroyo Carindapaz y Santa Rosalía; y algo fluidal, en Santa Mónica. El color varía del morado claro al rojizo, y en la mayor parte de los afloramientos, puede decirse que las riolitas están en forma de corrientes. Presentan leptoclasas que solamente son regulares en su dirección, cerca de la cascada de Santa Mónica, donde tienen rumbos de N. 55° W., y N. 45° E., verticales.

Tobas riolíticas.—En forma de bancos potentes y extensos, se encuentran en la parte alta de las lomas de Santa María, prolongándose hasta Cointzio; en las canteras del Zapote y de Santiaguito y en otras localidades, se les explota como material de construcción. Una muestra de esa roca, tomada en la terminación de las lomas de Santa María, es de color rosado, con inclusiones blanquizas de pómez: la masa es compacta y también muestra

granos de cuarzo. Clasificación microscópica, lámina número 7,234: "toba riolítica." Clase de roca, "Vítrea, riolítica." Accesorios, "hematita."

En las canteras del Zapote (Fot. núm. 27), donde se ha extraído gran cantidad de este material, la roca es de color morado claro, compacta, con inclusiones de pómez, arenas y cuarzo; surcada por leptoclasas verticales, más desarrolladas en las direcciones N. 20° W. y N. 55° E. La descripción microscópica, correspondiente a la lámina número 7,329, expresa: "toba riolítica." Constituyentes minerales, bien diversificados: "oligoclasa, labradorita, cuarzo y ortoclasa." Masa, vítrea riolítica." Accesorios: "hematita."

En la cantera de Santiaguito, el material es de grano más fino y uniforme; además, hay partes en que la masa blanquizca presenta coloraciones rojizas, debidas a óxidos de hierro, que dan bonito aspecto a la roca labrada. La lámina correspondiente número 7,330, dió: clase de roca, "toba riolítica." "Matriz cristalina, con fenocristales." Constituyentes, "labradorita cálcica y cuarzo." Masa, "vítrea, con microlitos incipientes de ortoclasa." Accesorios: "hematita roja diseminada en la matriz."

Brecha riolítica.—En el arroyo de Carindapaz, cerca de su confluencia con el arroyo de Laureles, principalmente aguas abajo de la confluencia dicha, se observa un banco de brecha; consta de fragmentos angulosos, de riolita, muy bien cementados, llegando el banco a unos cien metros de espesor; la roca es muy compacta, y la erosión fluvial ha labrado cortes de taludes casi verticales, que se sostienen perfectamente. La brecha descansa sobre la riolita (Fot. núm. 11), y está cubierta por tobas riolíticas.

Basaltos.—Se extienden en corrientes, a partir de numerosos focos, como Quinceo, Tetas del Quinceo, cerro Pelón, cerro del Aguila, cerro de San Andrés y cerro Punhuato. Cubren superficies de considerable extensión, como puede verse en el plano geológico. Los hay compactos y ampollosos; en otros lugares, como dijimos al principio, y las corrientes, muy modernas, forman verdaderos Malpaíses.

Se estudiaron cuatro muestras. Una fué tomada en el Campamento, junto al cauce del río Chiquito, en Jesús del Monte. Descripción macroscópica; clase de roca, ígnea; textura compacta; estructura lajeada. La corriente descansa en las tobas volcánicas, y es la roca en que se están haciendo las captaciones de agua po-

table. La descripción microscópica corresponde a la de la lámina número 7,316: "Basalto con hiperstena." Roca, "hipocristalina." Constituyentes minerales bien diversificados, "bitownita, labradorita, andesina y cuarzo. Masa "vítrea, con microlitos de feldespatos básicos." Accesorios, "augita, olivina, hematita y magnetita." Las otras tres muestras fueron tomadas en el cerro de Quinceo; muestra de la cúspide, lámina número 7,319: "basalto con hiperstena." Roca, "hipocristalina." "Fenocristales hipidiomórficos, en matriz vítrea." Constituyentes minerales bien diversificados, "labradorita, bitownita y anortita. Masa, "vítrea, con microlitos incipientes." Accesorios: "hiperstena, augita y óxidos de hierro."

La siguiente muestra, fué tomada de una corriente erosionada, y en la falda del mismo cerro de Quinceo; la lámina correspondiente es la número 7,320: "basalto con hiperstena." Roca "hipocristalina." "Feldespatos bien cristalizados en matriz vítrea." Constituyentes minerales bien diversificados, "labradorita, bitownita y muy poca anortita." Accesorios: "hiperstena, augita y óxidos de hierro."

Se tomó otra muestra, de una corriente que avanzó hasta la base del cerro de Quinceo; lámina número 7,321: "basalto con hiperstena." Roca, "hipocristalina. Fenocristales hipidiomórficos en matriz vítrea." Constituyentes minerales, bien diversificados: labradorita, andesina y bitownita." Masa, "vítrea, con microlitos incipientes." Accesorios: hiperstena, augita, óxidos de hierro y enstatita."

Brechas basálticas.—Sobre las tobas andesíticas y riolíticas, y alternando con corrientes de basalto, existen capas de brechas conteniendo fragmentos de basalto, de las tobas inferiores, y algunos de riolita. Se observan en la cañada del río Chiquito, desde el Molino hasta El Palmito, y en bancos más gruesos, en los acantilados de La Torrecilla y Peña de San Pedro, donde forman gruesos bancos con taludes casi verticales, especialmente en el último lugar señalado. En La Torrecilla están cubiertas de arenas volcánicas, mezcladas con tobas, formando capas con pequeña inclinación hacia el NW., estando formado el coronamiento por un pequeño resto de corriente basáltica.

En la base de otras corrientes basálticas, se observan brechas de escurrimiento.

"Tezontles."—De color rojizo, y muy porosos, existen asocia-

dos con las formaciones basálticas, por la región de Tacicuaró, principalmente, constituyendo basaltos de textura esponjosa.

Areniscas.—Sobre las tobas riolíticas del Zapote y de Santiaguito, existen capas bien estratificadas de arenas sueltas y areniscas de grano medio y fino, poco consolidadas, de un color blanco amarillento. El banco, en la primera localidad dicha, llega en conjunto a unos siete metros de potencia, habiéndose explotado de preferencia la arena suelta, como material de construcción, labrándose para ese objeto algunas minas, por el método de cámaras y pilares; se notan en la superficie, algunos derrumbes provocados por el hundimiento de las bóvedas, o techos de las labores. Reconocida al microscopio una muestra de la arenisca del Zapote, según la lámina número 7,318, la Sección de Petrografía llegó a los siguientes resultados: “arenisca feldespática, holocristalina, sin cemento.” Constituyentes, “andesina, ortoclasa, oligoclasa, vidrio volcánico.” Accesorios: “apatita y zircón.”

Al SW. de Morelia, formando las lomas y terrazas antes descritas, existen areniscas muy semejantes a las del Zapote, siendo nada más un poco arcillosas, y pasando las capas hacia abajo, a tobas detríticas. También existen areniscas semejantes, finas y estratificadas, cerca de Charo, camino a Quirio, donde están asociadas con cenizas volcánicas.

Cerca de Tacicuaró y del cerro Pelón, al borde de la carretera a Guadalajara, existen otras arenas estratificadas, con intercalaciones de areniscas deleznales (Fot. núm. 23); son de color negro, en el banco principal, que llega a unos diez metros de espesor, en lo que se ve este material al descubierto, por las explotaciones de arena; el tamaño de ésta es mediano, los granos son angulosos, y las capas sensiblemente horizontales; parece tratarse de arenas volcánicas, provenientes de alguno de los focos cercanos. Las arenas sueltas contienen inclusiones de “tezontle” muy poroso, de color negro y de forma irregular, llegando el tamaño de las masas hasta unos 75 centímetros, en su mayor dimensión. Las arenas y areniscas negras, están cubiertas por una capa de arenisca amarillenta, en la que los granos, aparentemente, sólo difieren por el color, de los de las areniscas subyacentes, y por encontrarse el material componente, algo consolidado por arcilla.

Cenizas volcánicas.—De color blanco, claramente estratificadas en capas horizontales; formando a veces un conjunto de potencia suficiente para su explotación industrial, se encuentran

cerca del pueblo de Charo, a la orilla del camino a Quirio, en donde están asociadas con las areniscas de grano fino, antes descritas (Fot. núm. 25). También existen cenizas semejantes, estratificadas, en la base del cerro Punhuato, en el lugar llamado La Mezquitera, a unos 80 metros al E. del camino de Morelia a Atapaneco; en este lugar, el yacimiento es menos extenso que el antes descrito, y las cenizas parecen reposar sobre las areniscas que se extienden desde las lomas del Zapote. Como a la mitad del camino de la Inspección de Policía a la hacienda del Rincón, se descubre un reducido afloramiento de cenizas volcánicas, también bastante puras, bajo la tierra vegetal.

Clasificación microscópica de la ceniza de Charo; lámina número 7,322: "ceniza volcánica." Roca, "criptocristalina." Constituyentes minerales bien diversificados: "pequeños cristales de feldespatos sódicos (andesina). "Masa, vítrea (ceniza volcánica)." Usos: "principalmente como abrasivo suave. Puede también usarse como filtrador, etc."

Ceniza en el camino del Bosque a la hacienda del Rincón, lámina número 7,325: "Ceniza volcánica." Roca, "criptocristalina." Constituyentes minerales bien diversificados: "microcristales de feldespatos y cuarzo, demasiado pequeños para identificarlos." Usos: "abrasivo suave; úsase también como filtrador, etc."

Ceniza de La Mezquitera, camino de Morelia a Atapaneco. Lámina número 7,331: "Ceniza volcánica." Roca, "criptocristalina." Constituyentes minerales bien diversificados: "pequeños cristales de feldespatos sódicos (andesina)." Masa: "vítrea." Usos: "abrasivo suave."

Composición química de las cenizas.—Análisis número 3,350 practicado en el Laboratorio de Química, por el señor R. del Corral. Ceniza volcánica de Charo:

H ₂ O a 110° C.	2.33 %
Pérdida al rojo.....	8.67 „
SiO ₂	63.00 „
Al ₂ O ₃	18.84 „
Fe ₂ O ₃	1.56 „
MnO	0.20 „
CaO	0.85 „
MgO	0.20 „
K ₂ O	1.95 „

Na ₂ O	0.20 %
TiO ₂	0.15 „
P ₂ O ₃	0.30 „
CO ₂	1.20 „
SO ₃	0.50 „

Tobas detríticas.—Formadas con arenas redondeadas y tobas volcánicas pulverulentas, mezcladas con arcillas, constituyen capas casi horizontales que se depositaron en las partes bajas del terreno, cubriendo a las tobas o a las rocas volcánicas descritas anteriormente; se observan en la base de las lomas del SW. de Morelia; en los cortes de algunos arroyos y en los de los pozos, donde se las ve alternar con aluviones.

Conglomerados.—Formados por cantos rodados, gravas y arenas de las rocas compactas, cementados esos productos detríticos por arcillas, forman a veces capas o bancos estratificados, como cerca del manantial Agua Caliente (Fot. núm. 13), donde tienen fracturas N. 60° E., paralelas, y en los alrededores de San Miguel del Monte, como en el Blanchafón Grande, donde tienen grietas N. 25° W. Se apoyan, por lo general, en las tobas detríticas, o alternan con ellas.

Aluviones.—Consisten de fragmentos sueltos, de rocas compactas, de distintos tamaños, mezclados con arcilla, pero formando un todo poroso e incoherente. Se encuentran en los lugares de los cauces de los arroyos que permiten la existencia de esas acumulaciones, y también se extienden en las planicies, donde alternan con las capas arcillosas del subsuelo.

Arcillas.—Como productos de alteración de las rocas antes dichas, transportados y depositados en capas, en las depresiones; esos materiales, a veces muy finos y cargados de óxidos de fierro, como al W. y NW. de Agua Caliente, del Campamento, y en otros lugares, forman gruesas capas en los flancos de los cerros, que la erosión fluvial deslava con mucha rapidez, cuando se destruyen los bosques. También en el subsuelo de las planicies, las capas arcillosas existen, alternando con los aluviones o cubriéndolos, y constituyendo, en esa forma, algunas de las capas más recientes del relleno de las depresiones.

Tierra vegetal y formaciones regolíticas.—Son las formaciones más modernas, y las capas en que se desarrolla la vegetación. Hay tierras gruesas y de buena calidad en las planicies, sobre todo si

son de inundación, y en los terrenos poco inclinados, excepción hecha de las lomas formadas por tobas volcánicas, en donde la capa de tierra que las cubre es muy delgada, aunque ese fenómeno puede ser debido a las consecuencias de la deforestación. Las formaciones regolíticas, con fragmentos irregulares de rocas sólidas, son de mayor consideración, por su espesor, en las hondonadas de los terrenos quebrados y boscosos.

CONSIDERACIONES ESTRUCTURALES

El bloque de la corteza terrestre, correspondiente al área estudiada, considerándolo hasta la profundidad de las rocas más antiguas que afloran dentro del valle, está formado por una superposición de rocas ígneas efusivas, que se relaciona con el proceso constructivo del volcanismo, que dió origen a muchas de las sierras de nuestra República. Las rocas más antiguas, en la estructura geológica del valle de Morelia, son las andesitas de Los Copales, por el E.; de La Alameda, en Acuitzio, por el S.; por el SW. y W., también existen afloramientos andesíticos en puntos prominentes cercanos, como lo indica el señor ingeniero Juan D. Villarelo en la página 347 de su estudio "Hidrología Subterránea de Pátzcuaro," en el párrafo que a continuación transcribimos: "Las andesitas augíticas de hiperstena, constituyen la parte antigua de la sierra de Zinziro, o sea la porción central de la ancha barrera que separa la depresión de Pátzcuaro de las cuencas de Zacapu y del río Duero. En efecto, se encuentran las andesitas: en el Pico de Zirate, en los cerros de Comanja, en las cercanías de Zinziro y en los cerros Los Amoles, El Tecolote y El Tule. Al Sur-Poniente y al Sur-Este de Pátzcuaro, se encuentran también las andesitas en los cerros de Tingambato, y en los de San Miguel y Cuanajo."

Según esto, lo que hoy es el valle de Morelia, ya estaba definido como una gran depresión, bordeada por andesitas, y abierta hacia el N., desde que estas rocas no estaban cubiertas por otras rocas ígneas de menor edad. Es casi seguro que las corrientes andesíticas se hayan extendido hasta el fondo de esa depresión, como lo prueba el hecho de haber sido alcanzadas en los sondeos de reconocimiento hechos en el lugar destinado al dique de la presa de Santa Mónica. En algunas porciones de las superficies andesíticas, como en Los Copales y en La Alameda de Acuitzio, se depositaron capas

de tobas andesíticas. Después continuó el rellenamiento de la antigua depresión, con la aparición de las riolitas, cuyas corrientes se extendieron desde los cerros Azul y de Atécuaro o de Las Animas, hacia el centro del valle, quedando las corrientes riolíticas con la inclinación que en su base les marcaba la superficie de contacto, y apoyándose en las tobas andesíticas, como en Los Copales, o en la andesita, como lo indican los sondeos de Santa Mónica. Sobre la riolita existe un gran banco de tobas volcánicas, que en su base son de carácter andesítico, lo que parece indicar una diferenciación del magma expulsado por uno o varios focos. En los alrededores de la confluencia de los arroyos Carindapaz y Laureles, existe un gran banco de brecha riolítica, intercalado entre la riolita y las tobas riolíticas. La parte superior del banco de tobas, que se extiende desde El Zapote y Santiaguito hasta Coitzio, es una toba riolítica más compacta que la andesítica. Sobre las tobas se extendieron los derrames de lavas basálticas, asociadas con rocas fragmentarias, como brechas basálticas, arenas y tezontles, y en otras partes, en vez de los basaltos, las tobas riolíticas están cubiertas por capas de arenisca lacustre, sin cemento, con capas de arenas sueltas, intercaladas, como las del Zapote y Santiaguito. Estas areniscas aparecen asociadas con cenizas estratificadas en los alrededores de Charo.

Cubriendo a las tobas volcánicas o a las areniscas, existen capas de tobas detríticas arcillosas o arcillo-arenosas, mostrando que el subsuelo de la parte central del valle está formado por capas de sedimentación en un fondo lacustre. Las tobas detríticas, asociadas a los conglomerados más o menos finos, se apoyan a veces en los basaltos, como se observa cerca del manantial Agua Caliente.

Entre las andesitas o tobas andesíticas, y las riolitas, o entre éstas y las tobas volcánicas superiores, es muy probable que existan intercalaciones de rocas hidroclásticas, porque podría haber mediado un período de erosión entre las erupciones apuntadas; esas rocas tienen más probabilidades de existir en el subsuelo de la parte central del valle.

Después de las emisiones basálticas, el relieve de la depresión quedó muy modificado con relación al que existía antes, pues las montañas basálticas del Quinceo al cerro Pelón, y el cono del cerro del Aguila, modificaron considerablemente el drenaje superficial, estableciéndose nuevas parteaguas.

HISTORIA GEOLOGICA

No tenemos sino datos muy generales sobre la edad de las formaciones geológicas de nuestra zona: el señor J. G. Aguilera ha expresado que las andesitas de hornblenda de las regiones central y occidental de nuestra República, aparecieron a fines del Mioce-no. Vienen, después de otros tipos de andesitas, las de hiperstena y hornblenda, de modo que en nuestro caso parece ser más antigua la andesita del puerto de Los Copales, que la de Acuitzio.

Continuaron las emisiones de rocas ígneas con las riolitas, vi-niendo por último los basaltos, que comúnmente son del Cuaternario, lo mismo que las formaciones sedimentarias poco profundas del relleno del valle.

Es de llamar la atención la altura relativamente grande del nivel del agua en el lago que antes invadió gran parte del valle de Morelia, ya que hoy quedan restos de capas lacustres, como las areniscas del Zapote, a unos 55 metros de altura sobre el fondo actual, y también son de presumirse los considerables volúmenes de rocas, arrastrados por la erosión, la que se intensificaba a medida que descendía la altura del desagüe del actual lago de Cuitzeo.

HIDROLOGIA SUBTERRANEA

Datos meteorológicos.—Respecto a la ciudad de Morelia, te-nemos los siguientes datos del Servicio Meteorológico Mexicano: pre-cipitación media, 800.4 mm. Humedad media, 64%. Temperatu-ra media, 17.1° C. Temperatura máxima absoluta, 32.0° C. Tem-peratura mínima absoluta, 1.9° C. Media de las temperaturas máximas, 22.5° C. Media de las mínimas, 10.9° C.

Recientemente se ha establecido una estación meteorológica en Jesús del Monte, con los resultados que siguen: año 1929, precipi-tación, 837.9 mm.; 1930, 838.4 mm.; 1931, 462.1 mm. Todavía no es posible deducir un promedio aceptable, dado el corto número de las observaciones.

Permeabilidad.—Las andesitas son de permeabilidad localiza-da, y aunque los afloramientos observados son de corta extensión, la circulación de las aguas subterráneas y las condiciones de ya-cimiento, indican que esas rocas pueden considerarse, en general, como poco permeables.

Las tobas andesíticas, donde no están fracturadas, son de permeabilidad continua, pero prácticamente son poco permeables.

a consecuencia de la pequeñez de sus poros. Hay lugares como en la cantera del Parque Juárez, en la base de las lomas de Santa María, donde la toba andesítica que llaman "tepetate" está muy agrietada en todas direcciones, hasta una profundidad como de quince metros; pero también se observa que esas grietas se van cerrando a la profundidad, lo que nos hace suponer que más abajo sea prácticamente impermeable la roca, pues cederá a la presión del mismo material, o al de las rocas superpuestas, hasta la desaparición de las leptoclasas.

Las riolitas son de permeabilidad localizada; según lo estrecho de las leptoclasas, dejan pasar poca o ninguna agua a través de sus masas, excepto en la proximidad de los focos volcánicos, como cerca del Punhuato, donde la riolita está muy fracturada en todas direcciones, siendo entonces fácil la circulación del agua.

La brecha riolítica del arroyo de Carindapaz es impermeable, por ser muy compacta, lo mismo que sus fragmentos componentes, y por no tener fracturas de consideración.

La toba riolítica es de permeabilidad localizada, y la consideramos como permeable, por estar muy subdividido el banco por juntas bastante abiertas.

Los basaltos tienen porciones que forman masas compactas, casi impermeables, pero donde las corrientes son delgadas o tienen estructura lajeada, la roca es permeable. Los basaltos escoriosos son, también, permeables. Las brechas basálticas, como las de La Peña de San Pedro y de La Torrecilla, son compactas e impermeables cuando no están agrietadas, y son de permeabilidad continua las capas de arenas intercaladas.

Las areniscas sedimentarias con sus capas de arenas intercaladas y las tobas detríticas arenosas, son permeables y de permeabilidad continua; pero las capas bien estratificadas son a la vez de permeabilidad localizada, debido a los planos de separación entre una y otra capa.

Las cenizas estratificadas son casi impermeables por la pequeñez de sus poros, y de permeabilidad mixta, por sus leptoclasas y lechos de estratificación.

Los conglomerados son de permeabilidad mixta continua por ser porosos, y localizada en sus fracturas y lechos de estratificación, como en el Agua Caliente.

Las tobas detríticas, arcillosas, y las arcillas en los bancos gruesos del relleno de los valles, son impermeables.

Los aluviones sueltos son permeables, con permeabilidad continua, y del mismo carácter son las formaciones regolíticas y la tierra vegetal.

Receptáculos.—Existen receptáculos acuíferos, subterráneos, en leptoclasas, como en las tobas riolíticas, en los conglomerados, en el basalto lajeado, etc. Receptáculos en zonas de contacto, como entre las andesitas y las riolitas; receptáculos en estratos, como en las capas de permeabilidad continua de las formaciones de acarreo. El caso más claro de receptáculos “multiformes y unidos,” se encuentra en la asociación de los receptáculos en zonas de contacto con los receptáculos en leptoclasas, que se presenta en el manantial termal de Cointzio.

Manantiales.—A continuación presentamos un cuadro conteniendo los manantiales que fueron visitados, con sus datos principales.

Los acuíferos en estratos, dan lugar a la existencia de los manantiales siguientes: rancho Rebello; Capulines (ciénaga); Peña de San Pedro; Zarzamoral, excepto el número 4; La Marta; Potrerillos (Agua Dulce); El Arco; Rancho Nuevo y Planta de Cointzio, este último en la parte final del trayecto del agua. De esos manantiales unos son de “afloramiento,” y otros de “superficie.”

Los acuíferos en estratos y leptoclasas, producen los manantiales: Agua Caliente; Presita de La Lechuguilla (en parte); y Zarzamoral número 4.

A los acuíferos en leptoclasas, corresponden: El Peral 1 y 3; La Pera; Blanchafón Grande; Potrero de La Higuera; Casa de Cristal; Potrerillos; Planta de Cointzio; Baño de Cointzio; San Antonio Parángare (en parte); Ojos de Agua Grande, Chico y de Los Higos, en Acuitzio.

Se relacionan con los acuíferos en zonas de contacto, los manantiales: Presita de La Lechuguilla; Molcajete; Capulines; tres manantiales de Jesús del Monte; el llamado Jesús María, cerca de la finca de Quinceo; El Barreno; Cointzio (abajo y al N. del principal); San Antonio Parángare; Uruapilla; Jácuaro; El Sabino; Aróstaro; Querérímo y de La Alameda.

Situados en la base de corrientes basálticas, con probable influencia del contacto con las tobas andesíticas o riolíticas, tenemos los manantiales de: La Quemada, Sindurio; Tiníjaro; Piedras Negras y otros más pequeños.

El manantial de La Mora brota en basaltos y arenas basálticas, según las apariencias; el manantial está cubierto por las obras de captación, que impiden observarlo.

En cuanto a temperatura, teniendo en cuenta la temperatura media de Morelia, que es de 17.1° C., y alrededor de 15° C. para Jesús del Monte y San Miguel del Monte, resulta que la mayoría de los manantiales aparecen como ligeramente térmale: probablemente influye en ellos el calor conservado por los basaltos el cual se comunica a las aguas subterráneas. Como manantiales francamente termale, tenemos los de: El Barreno; Potrerillos; Planta Hidroeléctrica de Cointzio, y los de Cointzio. Los tres últimos son manantiales artesianos, y el del Barreno es probable que también lo sea en parte. Vamos a describirlos brevemente:

El Barreno.—Surge en el contacto del basalto con la toba riolítica, al borde de la pequeña lagunita o pantano de La Soledad. Sobre los manantiales mismos, existen las ruinas de un balneario insignificante, manteniéndose el agua estancada y llena de algas que ocultan los manantiales. Se tomó la temperatura en varios lugares; y aunque por las circunstancias dichas se abrigan temores de que ésta no sea muy exacta, resultó ser un poco más elevada que en otros manantiales del mismo tipo, como los de Jesús María, La Quemada, etc.; de modo que si se hace escurrir libremente el agua y la temperatura resulta superior a 22.5° C., hay que deducir la mezcla de las aguas que descienden bajo la corriente basáltica, con aguas más profundas y de mayor temperatura, las que bien pueden ascender a favor de diaclasas.

Potrerillos.—En este lugar existen dos grupos de manantiales. En uno de ellos las aguas surgen con movimiento ascendente, acompañadas de burbujas de gas; la cubierta de tierra vegetal, aluviones, etc., en cuya formación emergen los manantiales, no permite ver el modo de circulación del agua al verificarse el brote, pero a pocos metros hicieron una corta excavación en toba riolítica compacta, donde surgían manantiales de poco gasto; ahí se ve manar el agua, acompañada de pequeñas burbujas de gas, siguiendo leptoclasas de rumbo N. 30° E. Los vecinos del lugar nos informaron que esa agua es medicinal, y benéfica para los enfermos de reumatismo.

Planta Hidroeléctrica de Cointzio.—A pocos metros del edificio emergen aguas de la misma clase que las anteriores, acompañadas de pequeñas burbujas de gas, solamente que la circulación

CUADRO DE MANANTIALES

NOMBRE	UBICACION			Altitud		Gasto aproximado	TEMPERATURAS		
	Lugar de referencia	Rumbo	Distancia				Agua	Ambiente	
Rebello.....	Jesús del Monte.....	S. 79°E.	4166	Mts.	2063	Mts.	2	21°C.	22.5°C.
Peral (grupo).....	" " ".....	S. 56°30'E.	10.8	Kmts.	2171	"	3 a 10	"	"
					2225	"	"	"	"
Ciénega de Los Capulines.....	San Miguel del Monte ..	N. 80°E.	2240	Mts.	2172	"	1 a 10	18.5°C.	29°C.
Agua Caliente.....	" " ".....	S. 65°E.	1120	"	2110	"	2.5	20.0°C.	32°C.
Presa "La Lechuguilla".....	" " ".....	S. 32°15'E.	4200	"	2195	"	"	"	"
La Mora.....	" " ".....	S. 17°00'E.	3800	"	2260	"	4.5	18°(1)	29°C.
Peña de San Pedro.....	" " ".....	S. 21°00'E.	3200	"	2250	"	0.5	16°	26°
Blanchafón Grande.....	" " ".....	S. 30°00'E.	2720	"	2197	"	9.0	16.5°	28.5°
Blanchafón Chico.....	" " ".....	S. 22°15'E.	2600	"	2208	"	1.0	"	"
Zarzamoral (grupo).....	" " ".....	S. 5°00'E.	1800	"	2211	"	4.5	17.0°	29.0°
					2221	"	"	"	"
Los Capulines.....	" " ".....	S. 33°30'W.	4200	"	2326	"	1.0	15°	25°
Molcajete.....	" " ".....	S. 22°00'W.	3000	"	2307	"	0.5	"	"
La Marta.....	" " ".....	S. 55°00'W.	5400	"	2390	"	1.0	"	"
Potrerolla Higuera.....	Jesús del Monte.....	E.-W.	500	"	2061	"	0.5	20°	26.5°
Sin nombre.....	" " ".....	E.-W.	450	"	2085	"	Insignificante	21°	27°
Sin nombre.....	" " ".....	S.-W.	orilla.	"	2078	"	Mediano.	"	"
Jesús María.....	Hacienda Quinceo.....	NW.	100	"	1915	"	25 lts. p. seg.	22.5°	28.0°
Obispo.....	" " ".....	N.	150	"	1910	"	10	"	"
Barreno.....	Morelia.....	N.	3	Kmts.	1897	"	2	25.0°	31.0°
Casa Cristal.....	" " ".....	S.	Parque Juárez.	"	1915	"	Pequeño, muy variable	"	"
La Quemada.....	Quemada.....	E.	0.0	Kmts.	1906	"	4 lts. p. seg.	22°	29°
El Salto.....	" " ".....	SE.	350	Mts.	1892	"	10	22°	27°
Sindurio.....	Sindurio.....	NE.	200	"	1904	"	4	21.5°	28°
Tinjaro.....	Tinjaro.....	E.	75	"	1903	"	8	21.0°	28°
Piedras Negras.....	Piedras Negras.....	SE.	100	"	1900	"	20	21.0°	28°
El Arco.....	El Arco.....	N.	200	"	1895	"	1	21.0°	26.5°
Rancho Nuevo.....	Rancho Nuevo.....	N.	100	"	1890	"	Agua estancada	"	"
Potrerrillos 2m.....	Planta Hidr. Cointzio.....	N.	450	"	1905	"	5 lts. p. seg.	29°	31°
Potrerrillos (agua dulce).....	" " ".....	N.	500	"	1902	"	Muy pequeño.	20°	31°
Planta Cointzio.....	" " ".....	SW.	30	"	1902	"	1.25 lts. p. seg.	26°	28.5°
Cointzio.....	Balneario.....	"	"	"	1909	"	10	32.5°	30.5°
Cointzio.....	Baños.....	N.	40	Mts.	1900	"	2.5	26°	31.5°
San Antonio Parángare.....	Baños Cointzio.....	N.	1	Kmts.	1963	"	2.5	21°	24°
Uruapilla (grupo).....	Santiago Undameo.....	N.	2. 1/2	"	2022	"	244.61 l. p. s. C. N. I.	19.5°	28°
El Sabino.....	" " ".....	N.	1	"	1978	"	4	20.5°	25°
Jácuaro 3 m.....	" " ".....	N.	1	"	1979	"	75	19.5°	23°
Aróstaro.....	Acuitzio.....	N.	1.5	"	2020	"	2 lts. p. seg.	"	"
Querérimo.....	" " ".....	SW.	0	"	2073	"	Mediano.	"	"
Ojo Agua Grande.....	" " ".....	E.	0	"	2031	"	36 lts. p. seg.	19°	25°
Ojo Agua Chiquito.....	" " ".....	SE.	0	"	2039	"	8	"	"
Los Higos.....	" " ".....	S.	0	"	2048	"	Pequeño.	"	"
La Alameda.....	" " ".....	SW.	1.5	"	2115	"	Mediano.	19°	28°

(1) Tomada en el registro de la tubería.

CUADRO DE MAN

NOMBRE		LUGAR DE RESIDENCIA	
Nº	Apellido y Nombre	Nº	Apellido y Nombre
100	Isabello	100	Juan de S. Matos
101	Pera (grupo)	101	"
102	Clara de los Capulines	102	San Martín del Monte
103	Agua Caliente	103	"
104	Los Capulines	104	"
105	La Mota	105	"
106	Pera de San Pedro	106	"
107	Hacienda Grande	107	"
108	Hacienda Chico	108	"
109	Excomulgado (grupo)	109	"
110	Los Capulines	110	"
111	Matadero	111	"
112	La Mota	112	"
113	Potrillo La Laguna	113	Juan del Monte
114	Sin nombre	114	"
115	Sin nombre	115	"
116	Jede María	116	Hacienda Guano
117	Ordoño	117	"
118	Hacienda	118	"
119	San Juan	119	"
120	La Guandá	120	Morúa
121	El Salto	121	"
122	Sobano	122	"
123	Tinjano	123	"
124	Redes Negras	124	"
125	El Año	125	"
126	Hacienda Nueva	126	"
127	Potrillo 2m	127	"
128	Potrillo (agua dulce)	128	"
129	Planta Contino	129	"
130	Contino	130	"
131	Contino	131	"
132	San Antonio Paraguarí	132	"
133	La Laguna (grupo)	133	"
134	El Salino	134	"
135	Almuerzo 3 m	135	"
136	Arroyo	136	"
137	Quintino	137	"
138	Ojo Agua Grande	138	"
139	Ojo Agua (lupulo)	139	"
140	Los Higos	140	"
141	La Alameda	141	"

Tomeado en el registro de la taberna

del agua en su último trayecto, se verifica en aluviones, pudiendo haber mezcla de las aguas brotantes con las freáticas.

Cointzio.—Los manantiales principales brotan en las leptoclasas de las tobas riolíticas; el agua sale acompañada de grandes burbujas de gas que surgen a intervalos de unos veinte o treinta segundos. Los manantiales más bajos y más pequeños, salen también en parte por leptoclasas de la toba, riolítica o andesítica, pero influye principalmente para su existencia, lo mismo que en el caso de Potrerillos, el contacto de la toba con la riolita, que en Cointzio se descubre un poco, y en Potrerillos debe quedar a poca profundidad. La presencia de gases y la temperatura variable en los manantiales de Potrerillos a Cointzio, parece indicar la ascensión de aguas subterráneas a favor de diaclasas.

Norias y Pozos.—En general se ha dado poca importancia a esta clase de obras, tal vez porque se cuenta con bastantes recursos de aguas corrientes, que se aprovechan por gravedad, ya sea por medio de entubaciones como se emplean para los abastecimientos de agua potable en Acuitzio y Tirepítio; ya por medio de canalizaciones como las que se tienen para el riego de planicies, a veces bastante extensas, como las de Acuitzio-Tirepítio, la de Charo y gran parte de la de Morelia. Sin embargo, en algunos lotes cercanos a esta ciudad, comienza a intensificarse la explotación del agua subterránea, para fines agrícolas. En la parte baja de la Colonia del Zapote, a la altura de 1,906 mts., riegan pequeños lotes mediante la extracción de las aguas freáticas por medio de bimbaletes; las aguas se encuentran en aluviones, a cuatro metros de profundidad, bajo tobas detríticas arcillo-arenosas. La temperatura del agua fué de 19° C., mientras la ambiente era de 29° C.

Cerca de la Inspección de Policía, con altura en el brocal de 1,912 mts., se visitó un pozo con profundidad total de 13 mts., y 12 de profundidad al nivel del agua; ésta comienza a salir desde los 10 metros, pero aumenta al llegarse a la capa arenosa cortada en el fondo del pozo; actualmente se agota éste con una bomba centrífuga de una pulgada y media. La temperatura del agua, en la descarga de la bomba, fué de 19°5 y la ambiente de 22°.

El pozo que se encuentra a unos 50 mts. del anterior, hacia el SW., tiene 11 mts. de profundidad y 1.50 mts. de agua, que se agota con bimbalete; su temperatura fué de 18° y la del ambiente, de 23°.

A unos 60 mts. hacia el W., a la altura de 1,910 mts. en te-

rrenos del fraccionamiento del Aguacate, existe un pozo de 12 mts. de profundidad total, y 7 de profundidad al nivel del agua. Una bomba centrífuga de tres pulgadas, no baja el nivel del agua, cuya temperatura, en la descarga de la bomba, marcó 19°, anotándose la correspondiente de 23° en el ambiente.

En el rancho de La Concepción, casi en la orilla SE. de la ciudad de Morelia, existe un pozo excavado hasta unos seis metros de profundidad, quedando el último metro en tepetate arenoso con pómez, y siendo acuífera esa capa; además hicieron dos pequeñas perforaciones a partir del fondo del pozo, y cortaron: 2.5 mts. de tierra negra; cuatro metros de tepetate colorado, y después arena suelta con agua cautiva, subartesiana, que asciende hasta unos tres metros abajo de la superficie del suelo.

De acuerdo con los informes verbales del encargado, esta agua es más fría y de mejor sabor que la menos profunda. Una bomba centrífuga de tres pulgadas, agota el pozo en cinco horas.

En la orilla SW. de la ciudad de Morelia, se explota por medio de bimbaletes el agua freática, a profundidades desde 1.20 a 4.00 metros.

En la hacienda de Uruétaro, a la altura de 1,841 mts. hay aguas freáticas a 0.60 mts. de profundidad siendo 22° su temperatura, y 25° la del ambiente, cuando se hicieron las observaciones.

Perforaciones.—Entre la hacienda de San José y Tarímbaro, se estaban emprendiendo unas perforaciones: visitamos la primera de ellas, que llevaría unos veinte metros de profundidad. Se había cortado tierra vegetal; unas capas de tobas detríticas y en seguida se obtuvo agua brotante de una capa arenosa con grava; al seguir profundizando en tobas detríticas, el agua bajó cuatro metros y medio. Se cortaron, por último, capas de cenizas volcánicas. Los encargados no pudieron proporcionar más datos.

Socavones y Tajos.—En el manantial de Jesús María de la hacienda de Quinceo, existe un socavón antiguo labrado de S. a N., por el que sale el agua. La obra parece tener muy poca longitud, y está labrada en la base de una corriente basáltica.

Captaciones en la cuenca superior del río Chiquito.—Las ubicadas en terrenos más altos que el Campamento, son: tajos del rancho de Rebello; captaciones del Peral y la Pera; dos socavoncitos en El Barrancón; tajo de Los Carindapaces; tajos en la Ciénaga de Los Capulines; tajos en El Agua Ca-

liente, en Los Ailes, en la Ciénaga Seca, en la presita de La Lechuguilla, en el Agua Zarca, en El Molcajete y La Marta; captaciones de La Mora, Blanchafón Grande y Chico y Zarzamoral, comprendiendo la última varios manantiales pequeños. Sería demasiado largo hacer la descripción de cada una de estas obras; basta decir que los que se nombraron tajos, son excavaciones descubiertas (Fot. N° 8), y que las "captaciones," consisten en tajos, combinados a veces con pequeños socavones o con excavaciones hechas alrededor de algún manantialito; en el fondo del tajo se alojaba, a poca profundidad, la tubería de barro, la cual partía de una represa hecha generalmente a base de barro y mampostería seca; después se rellenaba con piedra quebrada la excavación alrededor de la emergencia acuífera, manteniéndose el escurrimiento más o menos libre hacia el tubo, y por último se rellenaba con tierra el tajo y se cubría también con ella la pedacería de roca de que antes se habló: probablemente se puso grava y arena como material intermediario entre la pedacería de roca y la tierra. Los ramales de tubería quedaron alojados en casi toda su longitud a poca profundidad, haciendo conexiones con tubería de mayor diámetro, generalmente por intermedio de registros de mampostería, habiendo otros de éstos dedicados a salvar cambios de pendiente, o para inspecciones en los trayectos largos. Al sistema de captación antes descrito como general, hace excepción el caso del Blanchafón Grande, donde se hizo una especie de caseta sobre el tajo en que emerge el agua por grietas transversales; este manantial es a la vez el que disminuye menos durante las sequías, pues los de las demás captaciones son de régimen muy variable, llegando a quedar en seco durante el estiaje, algunas obras como el tajo de los Carindapaces y el socavón de La Pera, ambas alojadas en formaciones arcillosas.

Antes de las llamadas captaciones, a que acabamos de referirnos, el Ing. Vázquez del Mercado había establecido las tomas de agua mediante pequeñas presas de mampostería, construídas en determinados lugares de los arroyos, escurriendo libremente el agua hasta las represas, y desde ahí eran conducidas al acueducto García de León por medio de tuberías de cemento.

Captaciones entre El Campamento y El Palmito.—Son las obras de captación de aguas subterráneas, proyectadas y dirigidas por el señor Arámburo. Constan de dos pozos principales llamados N° 1 y N° 2.

Pozo N° 1.—A la altura de 2,040 mts., aproximadamente, tiene diez metros de profundidad; del fondo del pozo parte una galería dirigida hacia el pozo N° 2, con desarrollo de 15 mts., en los días de nuestra visita. Del mismo pozo partía otra frente hacia el E., con longitud de seis metros. Las obras estaban labradas en el basalto lajeado, acuífero y permeable, que tiene una delgada cubierta arcillosa. El pozo y las galerías producían agua en cantidad aproximada de diez litros por segundo, con temperatura de 21°C; para lograr esa producción tenía que bombearse el agua, quedando casi libres de ella las galerías filtrantes. Suspendiendo el bombeo, el agua subía de nivel hasta derramar espontáneamente hacia el río, como a 1.25 mts. abajo del brocal del pozo. Al N. y al W. del mismo existen a cortas distancias, otros pozos de reconocimiento, con el agua aproximadamente al mismo nivel que el que puede alcanzar en el N° 1; la superficie libre del agua en estos pozos apenas desciende unos cuantos centímetros, aun con extracción de día y de noche en el pozo principal. En los pozos de reconocimiento se cortó basalto y algo de toda andesítica en el fondo del situado hacia el poniente, pero dicho contacto sin duda es más alto que el fondo del pozo 1, donde no se había pasado del basalto.

Pozo N° 2.—Situado aproximadamente a 500 metros del N° 1, con rumbo N. 20° E., y a 2,032 metros de altitud; su profundidad es de 10 metros, teniendo en el fondo cuatro galerías casi en cruz: una al NE., con desarrollo de 19 mts.; otra al SE., con longitud de 13 mts.; las del SW. y NW., tenían respectivamente, 11.50 y 10.50 mts. La producción de este pozo, junta con la de un pozo auxiliar o lumbrera que ya se había comunicado con la galería del SE., en los últimos días de nuestra estancia en Morelia, era de unos 20 litros por segundo de agua con temperatura de 21°C. Interrumpiendo el bombeo, sube el agua bastante aprisa estableciéndose un derrame de unos cuatro litros por segundo, a tres metros bajo el brocal.

Tajo del Palmito.—Conectando con uno de los registros del canal García de León, se ha iniciado un tajo con dirección al SE. y que terminará en forma de socavón, conectando el fondo del pozo N° 2; el tajo medirá unos 120 mts. o algo más si se elige para la conexión con el canal, el registro siguiente al de la curva del arroyo; a continuación del tajo dicho, el intervalo para la conexión con el pozo 2, será de 300 mts. Hay que advertir que

toda la obra estará alojada en basalto acuífero; al principio del tajo, y antes de llegar a la plantilla definitiva, ya se habían cortado numerosos veneros, algunos de los cuales claramente mostraban agua con movimiento ascendente, de 22° C. de temperatura, surgiendo a favor de las grietas más abiertas. En el trayecto, el socavón cortará unos manantialitos que ahora se presentan en el basalto lajeado, a mayor altura que la plantilla de la captación, y con temperatura de 21°.¼.

Hay también el proyecto de ligar el pozo 1 con el 2. Todo el sistema descargará por gravedad en el canal García de León.

En la margen N. del río, al NW. del pozo N° 2, se comenzaba un pocito, en el mismo basalto lajeado, en el que apenas a un metro de profundidad no se pudo dominar el desagüe con botes: el agua derramaba hacia el río, con temperatura de 23°, siendo la ambiente de 25°.

En las galerías con que los pozos están combinados, mana el agua por las innumerables juntas del basalto, pero se notan veneros más grandes a favor de leptoclasas más ensanchadas, las que se ha procurado seguir longitudinalmente con las galerías, y cortar también normalmente a ellas.

Se nota que hacia la profundidad las leptoclasas del basalto, tienden a cerrarse y que aun a la misma altura hay zonas más permeables en la misma roca; ellas son más productivas, y se ha procurado seguir las con las galerías de captación.

Análisis de aguas.—Se recogieron tres muestras de aguas, cuyos análisis se transcriben a continuación:

ANALISIS NUMERO 3,192

Muestra de agua procedente del balneario de Cointzio, Morelia, Mich., remitida para su análisis de gases y de agua, por el señor ingeniero Apolinar Hernández. (Oficio número 2,079.) El análisis del agua fué practicado por el señor Carlos Castro y el de gases por el señor Luis Espino Flores.

Análisis de gases

CO ₂	71.5 c. c. por litro de agua.
O ₂	18.1 " " " " " "
N ₂	39.6 " " " " " "

Análisis del agua

Residuos a 110° C. . . . 0.408 gms. por litro.

Análisis del residuo

Materia orgánica. . . .	0.003 gms. por litro.
SiO ₂	0.016 " " "
Cl.	0.021 " " "
CO ₃	0.127 " " "
SO ₄	0.083 " " "
Fe.	0.011 " " "
Ca.	0.069 " " "
Mg.	0.005 " " "
K.	0.012 " " "
Na.	0.045 " " "

México, D. F., a 27 de julio de 1932.

El Jefe del Laboratorio,
Carlos Castro.

ANALISIS NUMERO 3,194

Muestra de agua procedente del tanque de "Los Filtros," de donde parte la tubería de distribución para la ciudad de Morelia, Michoacán. Remitida para su análisis por el señor ingeniero Apolinar Hernández. (Oficio número 2,100.) Análisis practicado por el señor Carlos Castro.

Residuo a 110° C. . . . 0.201 gms. por litro.

Análisis del residuo

Materia orgánica. . . .	0.003 gms. por litro.
SiO ₂	0.007 " " "
Cl.	0.017 " " "
CO ₃	0.085 " " "
SO ₄	0.008 " " "
Fe.	0.011 " " "
Ca.	0.041 " " "

Mg.	0.008 gms. por litro.
Na.	0.014 " " "

México, D. F., a 27 de julio de 1932.

El Jefe del Laboratorio,
Carlos Castro.

ANALISIS NUMERO 3,195

Muestra de agua del Pozo número 2, de las obras de captación en el campamento río Chiquito, Morelia, Mich., tomada en uno de los principales veneros de la galería SE. Remitida por el señor ingeniero Apolinar Hernández, para su análisis. Análisis practicado por el señor Carlos Castro. (Oficio número 2,100.)

Residuo a 110° C. . . .	0.203 gms. por litro.
-------------------------	-----------------------

Análisis del residuo

Materia orgánica. . . .	0.003 gms. por litro.
SiO ₂	0.018 " " "
Cl.	0.018 " " "
CO ₂	0.088 " " "
SO ₄	0.003 " " "
Fe.	0.015 " " "
Ca.	0.022 " " "
Mg.	0.016 " " "
Na.	0.012 " " "

México, D. F., a 27 de julio de 1932.

El Jefe del Laboratorio,
Carlos Castro.

Condiciones de las aguas en los receptáculos subterráneos.—

Los receptáculos en zonas de contacto, por su inclinación hacia el centro del valle y por la relativa impermeabilidad de las formaciones ígneas superpuestas, pueden originar condiciones favorables para la existencia de aguas cautivas, como se ha comprobado con los sondeos de reconocimiento hechos en Santa Mónica, por la Comisión Nacional de Irrigación, en los que se encontraron aguas

brotantes a la altura aproximada de 1,958 mts., provenientes del receptáculo de contacto entre la riolita y la andesita a la profundidad de quince metros. Una de las perforaciones dió agua artesiána desde los diez metros de profundidad, en la riolita, probablemente cortándose una grieta. Profundizando las perforaciones en la andesita sin atravesarla, no se encontraron pérdidas de agua. (Datos tomados del perfil geológico para la Cortina Santa Mónica, firmado por el señor F. Turban.)

En el contacto superior de la riolita, o sea con la toba poco consolidada, clasificada como toba andesítica, también podrán encontrarse aguas cautivas en ciertos lugares, lo mismo que puede haber aguas con poca presión entre las tobas y los basaltos que las cubren.

Por tratarse de estructuras geológicas irregulares en su forma y discontinuas, tanto horizontal como verticalmente, dado que la extensión de cada una de las corrientes efusivas tiene un límite, no se pueden dar normas generales respecto al nivel piezométrico que alcanzarán las aguas cautivas de los receptáculos de contacto, sino que se debe proceder al detalle en cada caso, y guiarse muy especialmente por los manantiales relacionados con el problema a discusión.

En el contacto inferior de las corrientes basálticas o en las porciones agrietadas o porosas de las mismas formaciones, circulan aguas freáticas: algunas descienden con velocidad, manteniéndose turbia el agua. El régimen variable de estos manantiales da idea de lo rápido y poco profundo de la circulación del agua.

El receptáculo del contacto inferior de la toba riolítica compacta y muy dividida por juntas, con la toba andesítica llamada "tepetate," contiene aguas freáticas o sin presión, como se ve en el manantial de San Antonio Parángare.

Los receptáculos en leptoclasas contienen aguas freáticas, pero hay casos en que por ellas circulan aguas con más o menos presión, como se observa en los manantiales de Potrerillos y de Cointzio, y en los veneros del tajo del Palmito; en estos casos se trata de la asociación de dos clases de receptáculos, conteniendo el inferior aguas cautivas que se transmiten al de arriba, manteniéndose, en este último, algo de la presión que las hizo ascender.

Los receptáculos en estratos, tratándose de los que tienen grande extensión en el subsuelo de las planicies, pueden contener aguas cautivas, brotantes o no, como las que se encontraron en la

hacienda de San José y en el rancho de La Concepción, por medio de perforaciones.

Los receptáculos en estratos que se encuentran en partes elevadas, como en la cuenca superior del río Chiquito, cuyas capas están interrumpidas por los cortes de los arroyos y ocupan superficies de poca extensión, dando lugar a la existencia de manantiales temporales o de régimen variable, contienen aguas freáticas que no podrán explotarse intensivamente, sin peligro de agotar los receptáculos.

EXPLOTACION

Nos referiremos, en primer lugar, a las obras de captación de aguas comprendidas entre El Campamento y El Palmito, por ser el asunto del mayor interés público, ya que se trata de la dotación de agua potable para una ciudad de la importancia de Morelia, con 65,548 habitantes, según el censo de 1930.

Si hemos logrado dar una idea de las estructuras geológicas, se habrá comprendido que el agua infiltrada en la cuenca alta del río Chiquito, excluyendo la superficie correspondiente al arroyo de Carindapaz, se acumula: en el basalto permeable; en los receptáculos de contacto entre el basalto y la toba andesítica, y en el de esta toba con la riolita. Podría aun contarse con el receptáculo del contacto inferior de la riolita, pero al considerarlo no tendríamos datos para delimitar la superficie de infiltración correspondiente, y también tendríamos otro margen de duda en cuanto a la presión del agua, de modo que preferiremos quedarnos dentro de la seguridad, considerando como el receptáculo más profundo de los aprovechables en las captaciones, al del contacto superior de la riolita.

La superficie receptora arriba de El Palmito, en números redondos es de cinco mil hectáreas. La altura de precipitación media en Morelia, es de ochocientos milímetros, pudiendo ser algo mayor en el terreno que estamos considerando. El coeficiente de infiltración podría considerarse como el 30%, pero para nuestros cálculos tomaremos solamente el 20%, para dejar todavía un margen de seguridad. Resulta que en el subsuelo se encontrará aproximadamente la quinta parte de la altura de precipitación, o sean 160 milímetros, que en cinco mil hectáreas dan un volumen de ocho millones de metros cúbicos anuales, o sean más o menos,

250 litros por segundo. Estimamos que con la mitad, o sea con 125 litros por segundo, constantes en las veinticuatro horas del día, y con una buena red de distribución, quedarían satisfechas las necesidades de la ciudad de Morelia, pues correspondería a cada persona un volumen como de 160 litros por día.

Las obras de captación de aguas a que nos estamos refiriendo, están proyectadas correctamente, puesto que drenando la masa de basalto acuífero, se obtendría una gran proporción del agua infiltrada en la cuenca superior del río Chiquito. Sin embargo, optamos por la simplificación de las obras, aumentando su eficiencia, lo que sería igualmente en beneficio de la economía en el costo de ejecución: creemos que esos resultados se obtendrían solamente con llevar a cabo las obras proyectadas de El Palmito al Pozo número 2, bajando lo más que se pueda la plantilla del tajo, ya comenzado junto a un registro del canal García de León, y proseguirlo hasta el fondo del Pozo número 2, haciendo en forma de túnel la parte que convenga. Además, para captar el agua que circula en los receptáculos de contacto antes referidos, son indispensables las perforaciones, debiéndose localizarlas a lo largo del tajo o sacavón, a corta distancia y a uno u otro lado de la misma obra, y en las zonas en que se hayan cortado los veneros más formales y de mayor temperatura, tendiendo desde luego a llegar al fondo del antiguo talweg rellenado por la corriente basáltica, cuyo fondo constituirá una faja muy productora de agua. Las perforaciones que hayan producido menos agua al llegar a la base de la corriente basáltica, podrán continuarse hasta tocar la riolita, después de atravesar el banco de toba andesítica. Se harán después pequeños cruceros de conexión para cada una de las perforaciones, en el supuesto que producirán agua que pueda fluir hacia el canal general de la captación.

Como complemento de las obras debe establecerse un perímetro de protección, para evitar la contaminación del agua, reforestando los terrenos cercanos a las captaciones y no permitiendo la habitación en derredor de ellas, ni otra causa de contaminación.

Con lo dicho hasta aquí, creemos que la capital del Estado de Michoacán resolverá definitivamente su problema de abastecimiento de aguas potables.

De un modo general, podemos decir que las aguas subterráneas de los receptáculos de contacto, son explotables por medio de perforaciones, en los lugares que puedan quedar en condiciones fa-

vorables respecto de los niveles piezométricos marcados por los manantiales o pozos cercanos, relacionados con el receptáculo que se quiera investigar.

Probablemente atravesando la andesita, se captarán aguas de presión y calidad semejantes a las de Cointzio. Los receptáculos de contacto menos profundos, o sean los del contacto inferior de la riolita, podrán explotarse por medio de perforaciones, y suministrarán aguas de mejor calidad que las anteriores, y de nivel piezométrico variable, que en la zona S. puede quedar entre las alturas de Santa Mónica, como máximo, y los manantiales de Potrerillos como mínimo. En la zona N. podrán ser semejantes las condiciones de presión para ese receptáculo, aunque no tenemos pruebas, por la ausencia de manantiales a los que se pueda asignar como origen el receptáculo en cuestión.

En el contacto superior de la riolita con el inferior de la toba andesítica, también hay probabilidades para que una perforación corte aguas cautivas; no tenemos datos exactos sobre la altura que podrán alcanzar, pero insistimos en la conveniencia de hacer perforaciones de prueba en las captaciones del campamento, y en las partes bajas del valle de Morelia, comprendiendo la ciudad misma.

El contacto de la toba riolítica con la toba andesítica tiene aguas freáticas, explotables por medio de socavones en lugares como el manantial de San Antonio Parángare. Probablemente no se logrará obtener mucha agua de este receptáculo.

El basalto del río Chiquito, en el campamento, está en condiciones excepcionalmente favorables para la captación de aguas subterráneas, y ya nos ocupamos suficientemente del caso. En el resto de las formaciones basálticas probablemente sólo se captarán aguas freáticas, explotables por medio de socavones, a niveles no más altos que los de los manantiales que emergen en rocas basálticas, y que se encuentren más cerca del lugar de que se trate.

Los receptáculos en estratos del subsuelo del relleno de los valles, pasada la primera capa acuífera freática, contienen aguas cautivas, explotables por medio de perforaciones: apenas se han comenzado a reconocer estos receptáculos, con las buenas perspectivas ya expresadas con lo que dijimos sobre las perforaciones hechas en la planicie de Morelia, en el rancho de La Concepción, y las iniciadas en la hacienda de San José, donde probablemente

se captarán aguas brotantes con buenos rendimientos. De modo que en los rellenos de estas dos planicies, deben ejecutarse perforaciones más profundas.

Cerca de los ríos y de los lugares pantanosos, las aguas freáticas son abundantes y deberán explotarse para regadíos, mediante pozos excavados que podrán combinarse con galerías filtrantes y se equiparán con plantas modernas de bombeo, movidas por energía eléctrica, que en Michoacán es más barata que en otros Estados del centro de la República, donde se ven muchos negocios agrícolas que dan buenas utilidades mediante el riego con agua bombeada a profundidades de 25 a 30 metros.

Por la abundancia de los recursos acuíferos del subsuelo en la zona estudiada, opinamos que en ella podrá quizá ser más económico el funcionamiento de numerosas unidades pequeñas de riego, muchas de éstas con agua elevada con bombas, y no el de una unidad grande con agua almacenada, para cuyo proyecto señalaremos los inconvenientes que haya, a nuestro juicio. Desgraciadamente no podemos aportar datos numéricos, pero sí tenemos la firme convicción de que en casos semejantes el organismo indicado para resolverlos, o sea la Comisión Nacional de Irrigación, debe proceder al estudio económico comparativo entre los costos correspondientes a los diferentes sistemas de riego aplicables, para resolver cuál es el que mejor se adapta a las condiciones naturales del terreno, o por último, adoptar un plan mixto que no demandará la inversión de grandes capitales.

Presa de Santa Mónica.—Es un proyecto de la Comisión Nacional de Irrigación, que está en vías de realizarse. Sus características principales son: almacenamiento, 84 millones de metros cúbicos; altura del vertedor sobre el fondo de la presa, 33.5 metros; longitud aproximada del dique, a la altura del vertedor, sin contar los cimientos, 260 metros. En los flancos de la cañada, la cortina quedará cimentada en las tobas volcánicas semejantes a las que se clasificaron en nuestro estudio como andesíticas; en el centro, la cimentación se hará en la riolita porque el banco de toba sólo tiene ahí de dos a tres metros de espesor. La toba no es del todo impermeable, por ser algo porosa, y principalmente, por tener leptoclasas o grietas que no se cierran lo bastante a cortas profundidades; por lo demás, el contacto de las tobas con la riolita, es una solución de continuidad que puede aprovechar el agua para su circulación: de ese modo se explican las pérdidas

de agua señaladas en las perforaciones III y IV. En el flanco del W., no hay peligro porque la superficie riolítica se levanta suficientemente; pero hacia el E., según el corte geológico suministrado por la Comisión de Irrigación, se mantiene el contacto casi con la misma elevación que en el subsuelo del río hasta la perforación número 3, a partir de la cual se inicia un descenso en la línea del contacto, el que probablemente se continuará hasta el afloramiento de la riolita en la cascada de Santa Mónica, un poco aguas abajo del lugar destinado al dique. De modo que en nuestro concepto: con la carga de 30 metros más o menos, es muy probable que el fondo del vaso llegue a tener pérdidas considerables por infiltración.

Aparte de los inconvenientes que acabamos de expresar, nos tomaremos la libertad de exponer otros, aunque estén fuera del terreno hidrogeológico: el vaso de almacenamiento, y especialmente la sección de la cañada en Santa Mónica, se alejan bastante de la forma que exige un proyecto económico de almacenamiento de aguas. Se tiene que cambiar la localización de un tramo de la vía del ferrocarril que se ahogaría con la construcción de la presa. El volumen almacenado, probablemente no se consumiría en los terrenos laborables cercanos a la presa, por no haberlos en suficiente extensión, y para aprovechar lo restante del almacenamiento se necesitaría canales largos y costosos. No está en nuestro ánimo el hacer la crítica del proyecto, puesto que ni siquiera tenemos los datos necesarios; nuestras apreciaciones son a la simple vista, y las externamos solamente por ser tópicos que parecen hablar también en contra del proyecto aludido, así como las condiciones de impermeabilidad.

CONCLUSIONES

I. Se aprueba el proyecto de las obras de captación de aguas subterráneas de El Palmito al pozo número 2, debiéndose iniciar cuanto antes las perforaciones complementarias de que ya se trató, y proseguirse el frente del NW., hacia la "Lumbrerita."

II. El agua de esas captaciones es potable, químicamente hablando, y lo será bacteriológicamente, si se toma la precaución de establecer el perímetro de protección de que se habló en la parte correspondiente.

III. No existen lugares más apropiados que la zona de El Palmito al pozo número 2, para hacer captaciones de aguas subterráneas, con el fin de proveer de agua potable a la ciudad de Morelia, dicho esto para la cuenca superior del río Chiquito.

IV. En la planicie de Morelia y en la que se extiende por la hacienda de San José, hay muchas probabilidades para tener buen éxito en la captación de aguas subterráneas por medio de perforaciones, ya sea que se aprovechen las contenidas en las capas permeables sedimentarias, o las que circulan en los contactos de las rocas ígneas. Aunque las aguas llegaran a ser brotantes, en muchos casos se necesitaría acudir al bombeo para disponer de los volúmenes necesarios al practicar los riegos.

V. En las mismas planicies hay aguas freáticas y aun superficiales, o más bien dicho externas, que pueden aprovecharse económicamente en la agricultura, mediante su elevación por medio de bombas, hasta alturas que bien podrán llegar a 30 metros. Las obras que se requieren, consistirán principalmente en tajos, y pozos excavados, combinados o no con galerías filtrantes en su fondo.

VI. Urge conservar los bosques de la comarca, reforestar algunos terrenos talados y evitar la quema de los pastos, casi siempre intencional, que destruye los renuevos y árboles pequeños, impidiendo la reforestación espontánea.

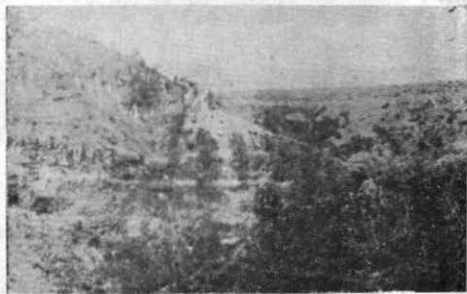
México, D. F., a 18 de agosto de 1932.



Fot. 1.—Basalto y brechas basálticas, cubriendo la toba riolítica en "Los Filtros," Río Chiquito, Morelia, Mich.



Fot. 2.—Igual que la 1.



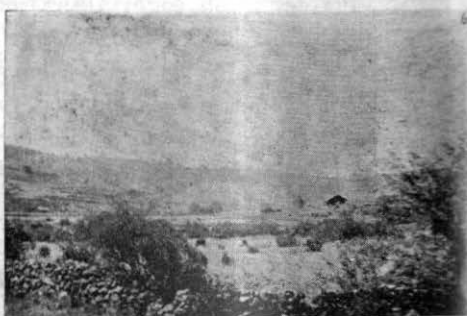
Fot. 3.—Igual que la 1.



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 5.



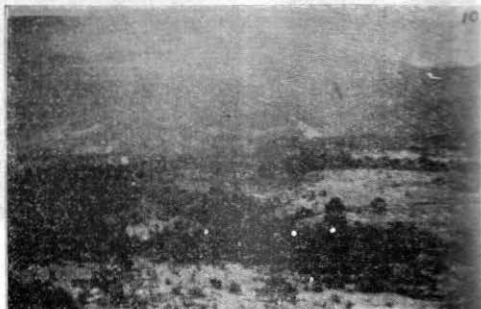
Fot. 7.—Vista hacia San Miguel del Monte y Peña de San Pedro, desde las estribaciones del Cerro Azul, Morelia, Mich.



Fot. 8.—"La Marta," Captación, 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 9.



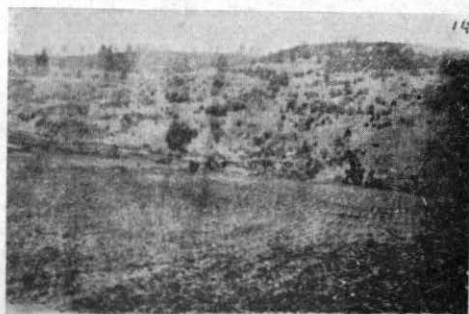
Fot. 11.—Contacto de la riolita con brechas riolíticas, Arroyo de Carindapaz, Morelia, Mich.



Fot. 12.—Confluencia arroyos Laureles y Carindapaz. Cerros desforestados, rancho de San José, Morelia, Mich.



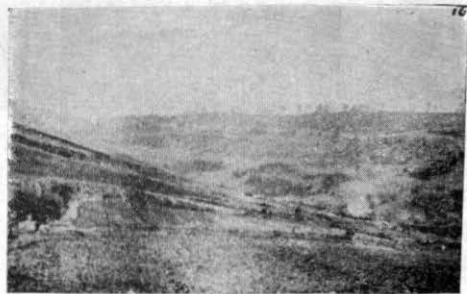
Fot. 13.—Conglomerados en Agua Caliente. San Miguel del Monte, Morelia, Mich.



Fot. 14.—Río Chiquito y pozo de captación núm. 1. Morelia, Mich.



Fot. 15.—Río Chiquito y pozo de captación núm. 2, Morelia, Mich.



Fot. 16.—Igual que la 15.



Fot. 17.—Zanja de captación en "Los Ailes, al fondo la Peña de San Pedro, San Miguel del Monte, Morelia. Mich.



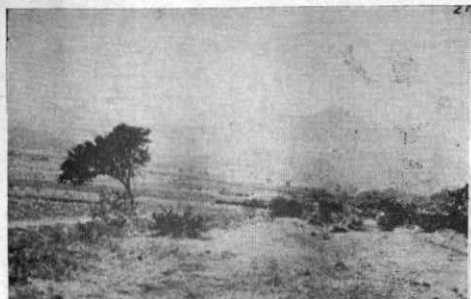
Fot. 18.—Brechas basálticas de la Peña de San Pedro.



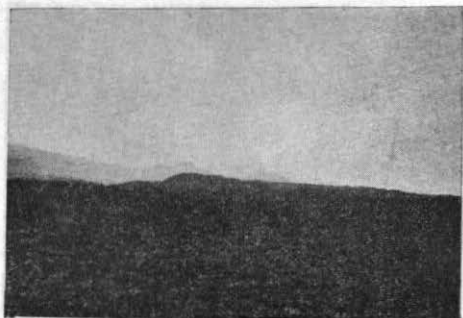
Fot. 19.—Toba riolítica, Parque infantil, loma de Santa María.



Fot. 20.—"La Pedrera" brecha andesítica, cerca del Parque Juárez.



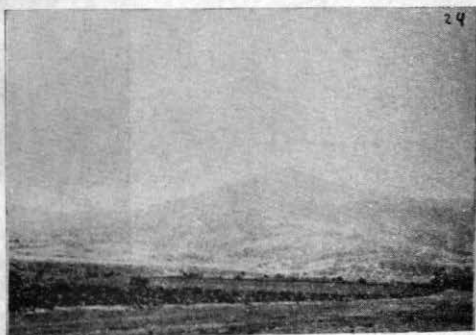
Fot. 21.—Hacienda y Cerro de Quinceo.



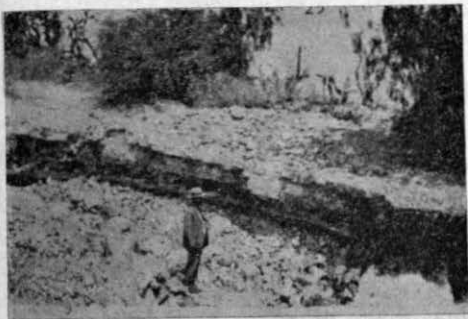
Fot. 22.—Valle en que se encuentran las Haciendas San José y Colegio.



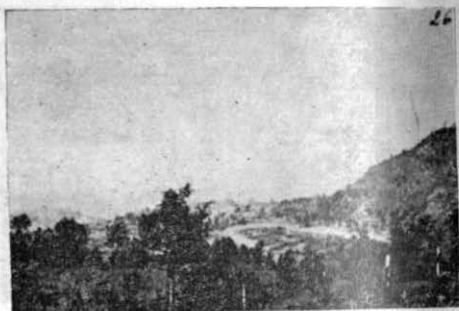
Fot. 23.—Arenas basálticas y areniscas, cerca de Tacécuaro.



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.

COMISION NACIONAL DE IRRIGACION

SERVICIO HIDROLOGICO

RESUMEN DE GASTOS Y VOLUMENES

ESTACION: ATAPANE.—CANAL: RIO GRANDE DE MORELIA.—CUENCA: LAGO DE CUITZEO.—PROYECTO: RIO GRANDE DE MORELIA

PERIODO DEL AÑO DE 1927 AL DE 1932

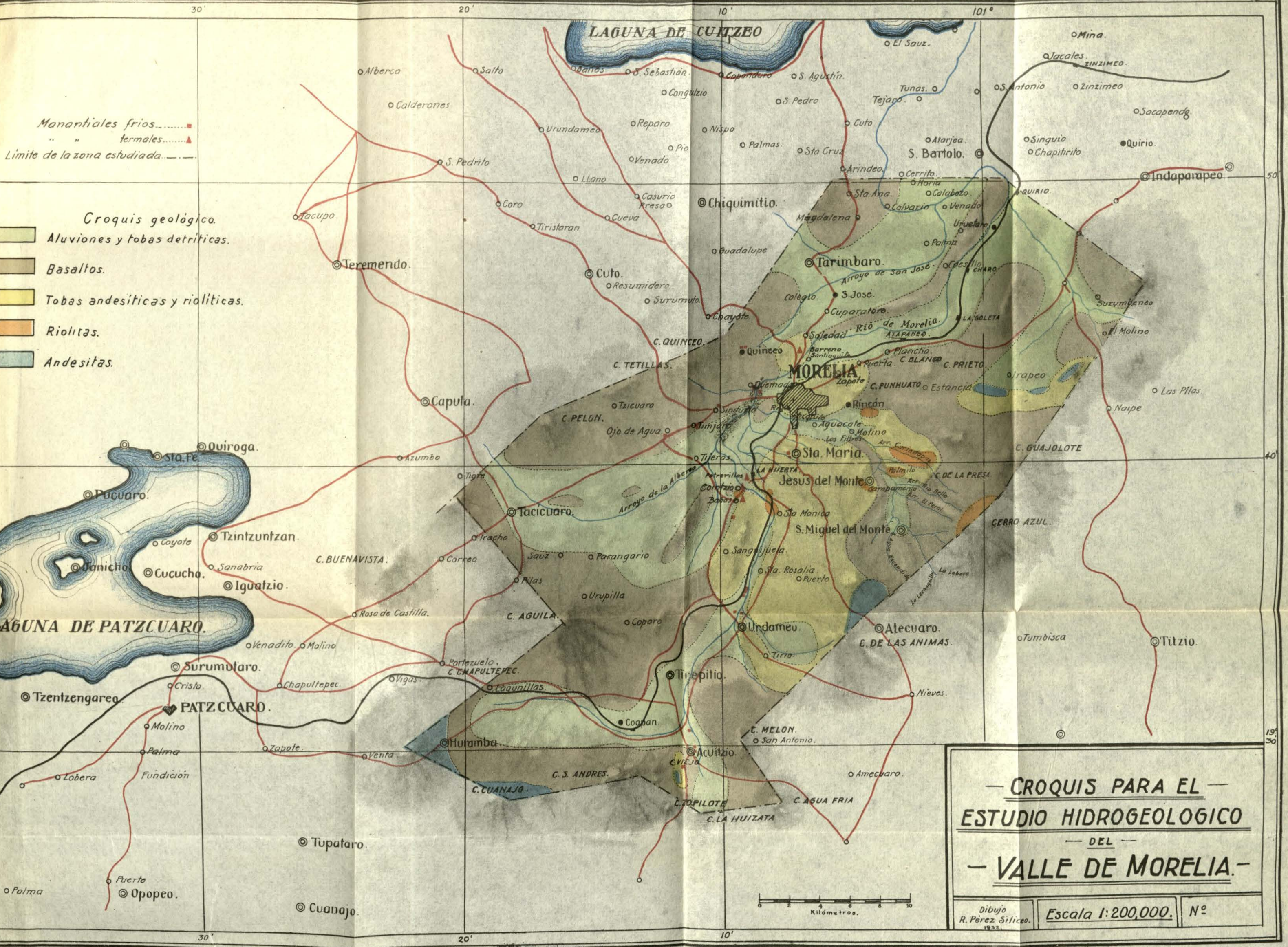
MESES	1927				1928				1929				1930				1931				1932			
	Gasto medio en el mes m ³ /s.	Gasto máximo en el mes m ³ /s.	Gasto mínimo en el mes m ³ /s.	Volumen mensual millares m ³ .	Gasto medio en el mes m ³ /s.	Gasto máximo en el mes m ³ /s.	Gasto mínimo en el mes m ³ /s.	Volumen mensual millares m ³ .	Gasto medio en el mes m ³ /s.	Gasto máximo en el mes m ³ /s.	Gasto mínimo en el mes m ³ /s.	Volumen mensual millares m ³ .	Gasto medio en el mes m ³ /s.	Gasto máximo en el mes m ³ /s.	Gasto mínimo en el mes m ³ /s.	Volumen mensual millares m ³ .	Gasto medio en el mes m ³ /s.	Gasto máximo en el mes m ³ /s.	Gasto mínimo en el mes m ³ /s.	Volumen mensual millares m ³ .	Gasto medio en el mes m ³ /s.	Gasto máximo en el mes m ³ /s.	Gasto mínimo en el mes m ³ /s.	Volumen mensual millares m ³ .
I	2	3	4	5	2	3	4	5	2	3	4	5	2	3	4	5	2	3	4	5	2	3	4	5
Enero.....					5.876	7.60	3.45	15739.2	3.15	3.20	3.00	8427.5	2.76	3.90	2.35	7386.4	2.77	4.05	1.79	7414.1	2.96	3.40	2.43	7935.6
Febrero.....					4.132	5.45	3.45	10354.7	2.64	3.00	2.50	6388.4	2.39	3.20	1.95	5787.1	3.23	4.16	2.34	7809.1	2.91	3.76	2.26	7284.8
Marzo.....					3.489	3.63	3.20	9347.1	2.32	2.50	2.20	6223.4	2.29	3.80	1.45	6135.3	1.88	2.73	1.13	5044.9	2.50	3.51	1.68	6694.2
Abril.....					3.382	3.45	3.25	8766.6	2.43	3.05	2.20	6301.0	1.88	2.85	1.10	4866.9	1.62	2.28	1.31	4209.5	1.82	2.37	1.43	4728.3
Mayo.....					3.839	4.15	3.45	10282.4	3.23	3.50	3.00	8659.9	2.80	3.80	1.90	7505.7	2.20	3.24	1.63	5878.0	2.08	2.63	1.32	5558.1
Junio.....					4.487	4.85	4.15	11632.8	3.43	5.25	3.00	8882.8	4.10	6.80	3.60	10866.6	4.31	7.55	3.36	11177.3				
Julio.....	8.268	18.60	3.15	22146.0	6.428	8.15	4.75	17218.1	6.54	10.60	4.70	17515.5	10.75	24.30	4.15	28802.3	12.62	38.56	5.04	33804.7				
Agosto.....	14.953	25.00	9.20	40052.4	6.545	9.00	4.90	17527.1	9.34	19.40	7.60	25027.6	13.97	21.75	6.95	37411.2	29.99	47.09	15.19	80327.8				
Septiembre.....	31.602	59.75	11.20	81914.9	12.368	21.00	7.90	32059.0	24.31	53.30	13.90	63004.7	7.63	11.10	4.20	19768.4	22.67	31.08	16.04	59007.4				
Octubre.....	10.396	16.60	5.20	27845.8	15.757	22.00	7.90	42204.3	6.88	13.90	4.25	18440.3	8.37	14.30	4.25	22421.7	10.44	17.78	6.67	27965.7				
Noviembre.....	2.410	4.40	1.50	6248.4	5.927	7.90	3.90	15363.8	3.80	5.00	2.80	9847.5	10.64	13.35	6.40	26085.0	4.96	6.55	3.47	12866.4				
Diciembre.....	1.127	1.50	0.85	3020.5	3.288	3.90	2.85	8807.2	3.37	5.30	2.60	9034.9	5.15	7.65	3.30	13788.6	3.73	5.55	1.84	9987.0				
Volúmenes anuales.....	(en 184 días).....181228.0				.....199302.3				.....187753.5				.....190825.2				.....265491.9							
Volúmenes acumulados.....	.....181228.0				.....380530.3				.....568283.8				.....759109.0				.....1024600.9							
Gastos medios anuales.....	11.399 m ³ /s. en 184 días.....				6.293 m ³ /s.....				5.954 m ³ /s.....				6.051 m ³ /s.....				8.419 m ³ /s.....							
Gasto máximo en el año.....	59.750 m ³ /s. „ „ „.....				22.000 m ³ /s.....				53.300 m ³ /s.....				24.300 m ³ /s.....				47.090 m ³ /s.....							
Gasto mínimo en el año.....	0.850 m ³ /s. „ „ „.....				2.850 m ³ /s.....				2.200 m ³ /s.....				1.100 m ³ /s.....				1.130 m ³ /s.....							

Período comprendido del año 1927 al año 1932.....

- { Gasto medio m³/s.
- { Gasto máximo maximórum m³/s.
- { Gasto mínimo minimórum m³/s.

OBSERVACIONES: Únicamente hay datos de julio 1° de 1927, hasta la fecha.

INSTITUTO DE GEOLOGIA.



COMISION NACIONAL DE IRRIGACION

SERVICIO HIDROLOGICO

RESUMEN DE GASTOS Y VOLUMENES

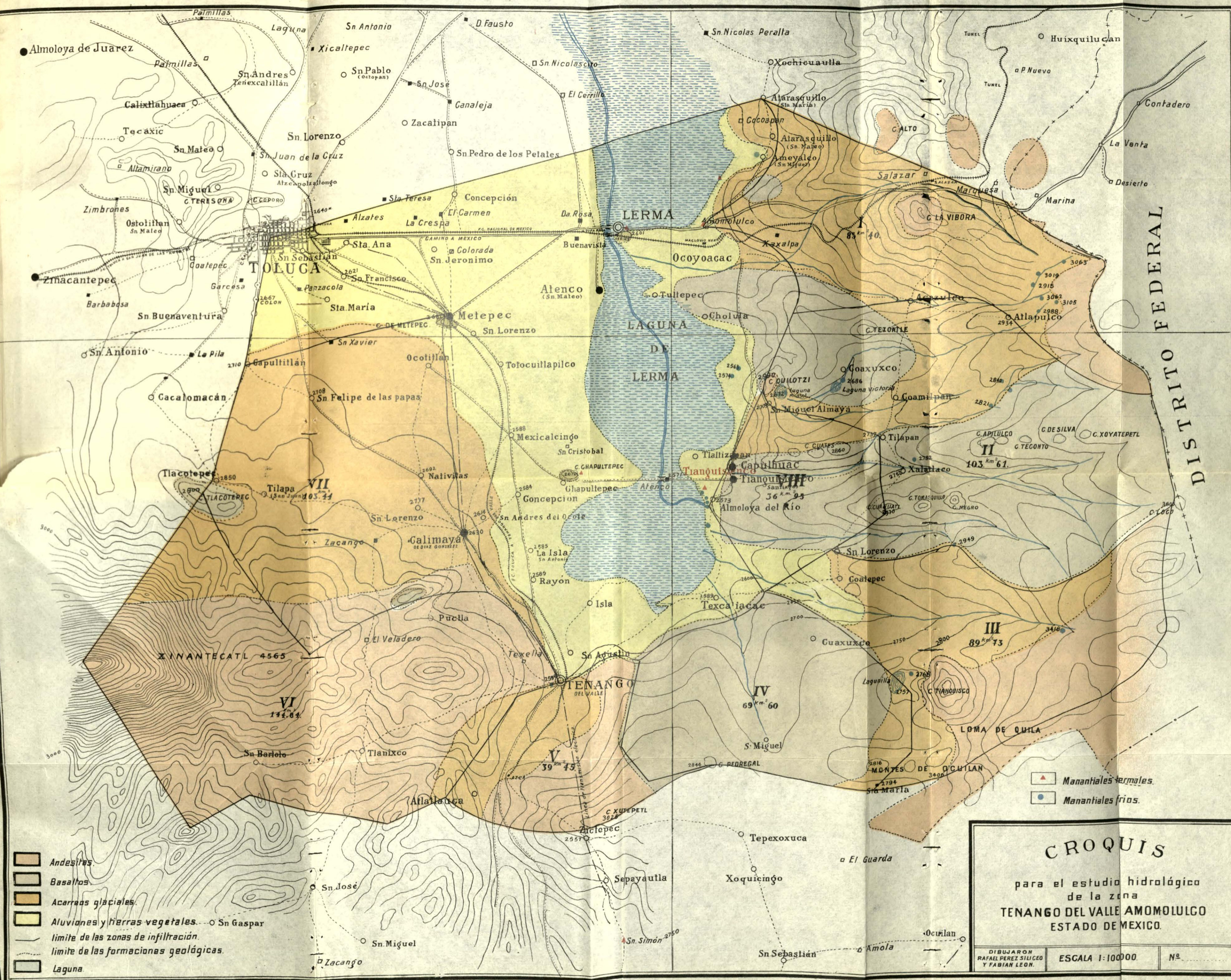
ESTACION: CHIQUITO.-CANAL: RIO CHIQUITO.-CUENCA: RIO GRANDE DE MORELIA.-PROYECTO: CUITZEO

PERIODO DEL AÑO DE 1927 AL DE 1929

MESES	1927				1928				1929			
	Gasto medio en el mes m ³ /s.	Gasto máximo en el mes m ³ /s.	Gasto mínimo en el mes m ³ /s.	Volumen mensual millares m ³ .	Gasto medio en el mes m ³ /s.	Gasto máximo en el mes m ³ /s.	Gasto mínimo en el mes m ³ /s.	Volumen mensual millares m ³ .	Gasto medio en el mes m ³ /s.	Gasto máximo en el mes m ³ /s.	Gasto mínimo en el mes m ³ /s.	Volumen mensual millares m ³ .
I	2	3	4	5	2	3	4	5	2	3	4	5
Enero.....	No	h u b o	g a s t o		No	h u b o	g a s t o		No	h u b o	g a s t o	
Febrero.....	No	h u b o	g a s t o		No	h u b o	g a s t o		No	h u b o	g a s t o	
Marzo.....	No	h u b o	g a s t o		No	h u b o	g a s t o		No	h u b o	g a s t o	
Abril.....	No	h u b o	g a s t o		No	h u b o	g a s t o		No	h u b o	g a s t o	
Mayo.....	No	h u b o	g a s t o		No	h u b o	g a s t o		No	h u b o	g a s t o	
Junio.....	No	h u b o	g a s t o		No	h u b o	g a s t o		No	h u b o	g a s t o	
Julio.....	2.530	11.00	0.20	4591.2	0.420	5.00	0.05	762.7	0.862	7.80	0.10	2311.2
Agosto.....	3.765	21.90	0.80	10084.6	0.768	10.80	0.05	2058.0	1.616	11.50	0.10	4329.5
Septiembre.....	8.986	23.60	0.90	23294.3	1.607	10.80	0.10	4165.9	2.273	16.40	0.05	5892.5
Octubre.....	1.759	12.75	0.40	4713.9	1.184	20.23	0.30	3171.8	0.124	0.60	0.05	214.3
Noviembre.....	No	h u b o	g a s t o		0.277	0.65	0.05	718.3			(hasta	Oct. 20).
Diciembre.....	No	h u b o	g a s t o		No	h u b o	g a s t o		No	h u b o	g a s t o	
Volúmenes anuales.....	(113 días)			42684.0	(143 días)			10876.7	(112 días)			12747.5
Volúmenes acumulados.....				42684.0				53560.7				66308.7
Gastos medios anuales.....	1.354 m ³ /s.				0.344 m ³ /s.				0.404 m ³ /s.			
Gasto máximo en el año.....	23.600 m ³ /s.				20.230 m ³ /s.				16.400 m ³ /s.			
Gasto mínimo en el año.....	0.200 m ³ /s.				0.050 m ³ /s.				0.050 m ³ /s.			

Periodo comprendido del año 1927 al año 1931... { Gasto medio m³/s.
 { Gasto máximo maximórum m³/s.
 { Gasto mínimo minimórum m³/s.

OBSERVACIONES.—



- Andesitas.
- Basaltos.
- Acahuales glaciales.
- Aluviones y tierras vegetales.
- limite de las zonas de infiltración.
- limite de las formaciones geológicas.
- Laguna.

- Manantiales termales.
- Manantiales frios.

CROQUIS

para el estudio hidrológico
de la zona
TENANGO DEL VALLE AMOMOLULCO
ESTADO DE MEXICO.

DIBUJADOR
RAFAEL PEREZ SILICEO
Y FABIAN LEON.

ESCALA 1:10000. N.º

COMISION NACIONAL DE IRRIGACION

SERVICIO HIDROLOGICO

RESUMEN DE GASTOS Y VOLUMENES

ESTACION: COINTZIO.—CANAL: RIO GRANDE DE MORELIA.—CUENCA: LAGO DE CUITZEO.—PROYECTO: CUITZEO

PERIODO DEL AÑO DE 1927 AL DE 1932

MESES	1927				1928				1929				1930				1931				1932			
	Gasto medio en el mes m ³ /s.	Gasto máximo en el mes m ³ /s.	Gasto mínimo en el mes m ³ /s.	Volumen mensual millares m ³ .	Gasto medio en el mes m ³ /s.	Gasto máximo en el mes m ³ /s.	Gasto mínimo en el mes m ³ /s.	Volumen mensual millares m ³ .	Gasto medio en el mes m ³ /s.	Gasto máximo en el mes m ³ /s.	Gasto mínimo en el mes m ³ /s.	Volumen mensual millares m ³ .	Gasto medio en el mes m ³ /s.	Gasto máximo en el mes m ³ /s.	Gasto mínimo en el mes m ³ /s.	Volumen mensual millares m ³ .	Gasto medio en el mes m ³ /s.	Gasto máximo en el mes m ³ /s.	Gasto mínimo en el mes m ³ /s.	Volumen mensual millares m ³ .	Gasto medio en el mes m ³ /s.	Gasto máximo en el mes m ³ /s.	Gasto mínimo en el mes m ³ /s.	Volumen mensual millares m ³ .
I	2	3	4	5	2	3	4	5	2	3	4	5	2	3	4	5	2	3	4	5	2	3	4	5
Enero.....	N o	h a y	d a t	o s	2.418	4.40	1.40	6477.9	N o	h a y	d a t	o s	0.83	1.40	0.50	2234.3	1.61	2.48	0.91	4314.6	1.03	1.35	0.74	2745.5
Febrero.....	N o	h a y	d a t	o s	1.220	2.00	0.40	3058.0	N o	h a y	d a t	o s	0.61	1.10	0.45	1477.5	1.55	2.03	1.06	3741.6	1.13	1.67	0.81	2840.7
Marzo.....	N o	h a y	d a t	o s	0.712	1.40	0.60	1908.5	N o	h a y	d a t	o s	0.38	0.85	0.15	1025.6	0.44	1.14	0.23	1186.5	0.56	1.78	0.21	1506.3
Abril.....	N o	h a y	d a t	o s	0.594	0.90	0.40	1542.0	N o	h a y	d a t	o s	0.15	0.40	0.05	386.2	0.26	0.33	0.21	666.0	.....	.....	.....	.....
Mayo.....	N o	h a y	d a t	o s	1.439	4.40	0.50	3853.4	0.16	0.40	0.20	137.0	0.83	2.95	0.05	2211.0	0.82	2.60	0.28	2202.6	.....	.....	.....	.....
Junio.....	2.601	5.30	0.60	6742.9	1.938	7.75	1.40	5025.7	1.15	4.30	0.30	2971.0	2.37	6.60	0.15	6160.3	2.24	4.48	1.22	5802.5	.....	.....	.....	.....
Julio.....	5.991	27.50	2.40	16048.8	3.411	10.20	1.65	9137.8	3.27	12.10	1.30	8747.7	7.46	23.00	3.15	19974.8	10.57	27.20	3.32	28328.3	.....	.....	.....	.....
Agosto.....	11.150	28.10	4.60	29864.8	3.821	20.50	1.90	10236.8	4.76	21.76	2.10	12751.8	7.34	23.60	3.20	19646.5	16.27	36.00	6.55	45581.2	.....	.....	.....	.....
Septiembre.....	15.976	24.85	1.25	41412.2	8.893	24.70	3.90	23052.0	10.72	25.70	5.30	27799.2	4.20	15.80	2.00	10893.3	14.77	29.96	9.01	38342.9	.....	.....	.....	.....
Octubre.....	6.560	10.30	2.30	17572.9	10.165	26.30	4.35	27227.9	2.85	5.30	1.80	7630.8	5.05	32.87	2.25	3530.7	5.59	9.43	2.79	14982.6	.....	.....	.....	.....
Noviembre.....	2.479	3.60	1.70	6426.4	2.865	4.30	1.50	7428.3	1.64	2.10	1.00	4253.5	5.92	30.70	2.70	15349.8	1.89	2.98	1.18	4903.2	.....	.....	.....	.....
Diciembre.....	1.729	2.10	1.40	4633.6	N o	h a y	d a t	o s	1.15	1.65	0.90	3074.1	2.06	3.30	1.35	5528.7	1.35	1.77	1.02	3620.6	.....	.....	.....	.....
Volúmenes anuales.....	(214 días).....	.....	.....	122701.6	(335 días).....	.....	.....	98948.3	(225 días).....	.....	.....	67365.1	.....	.....	.....	98418.1	.....	.....	.....	151672.6	.....	.....	.....	.....
Volúmenes acumulados.....	.....	.....	.....	122701.6	.....	.....	.....	221649.9	.....	.....	.....	289015.0	.....	.....	.....	387433.1	.....	.....	.....	539105.7	.....	.....	.....	.....
Gastos medios anuales.....	6.636 m ³ /s.....	.....	.....	.....	3.419 m ³ /s.....	.....	.....	.....	3.465 m ³ /s.....	.....	.....	.....	3.121 m ³ /s.....	.....	.....	.....	4.81 m ³ /s.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Gasto máximo en el año.....	28.100 m ³ /s.....	.....	.....	.....	26.300 m ³ /s.....	.....	.....	.....	25.700 m ³ /s.....	.....	.....	.....	32.870 m ³ /s.....	.....	.....	.....	36.00 m ³ /s.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Gasto mínimo en el año.....	0.600 m ³ /s.....	.....	.....	.....	0.400 m ³ /s.....	.....	.....	.....	0.200 m ³ /s.....	.....	.....	.....	0.150 m ³ /s.....	.....	.....	.....	0.21 m ³ /s.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....

Período comprendido del año 1927 al año 1932. {
 Gasto medio..... m³/s.
 Gasto máximo maximórum. m³/s.
 Gasto mínimo minimórum m³/s.

OBSERVACIONES : Los gastos medios corresponden al número de días en que hay datos de escurrimiento.

