

60

SECRETARIA DE INDUSTRIA COMERCIO Y TRABAJO

DEPARTAMENTO DE EXPLORACIONES Y ESTUDIOS GEOLOGICOS

JEFE DEL DEPARTAMENTO Y DIRECTOR DEL INSTITUTO GEOLOGICO, ING. JUAN D. VILLARELLO

---

# ANALES

DEL

# INSTITUTO GEOLOGICO DE MEXICO

TOMO II. NUMEROS 1 2 Y 3



TALLERES GRAFICOS DE LA NACION

MEXICO.-1925

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES Y ESTADÍSTICAS  
CARRERA DE INGENIERÍA EN SISTEMAS DE COMPUTACIÓN  
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

# ANEXO

## INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN

1. INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN

## ADVERTENCIA

---

El Instituto Geológico de México ha publicado sus estudios en forma de boletines, parergones, anales, folletos de divulgación y monografías. De los primeros, incluyendo los que en la actualidad están en prensa, han aparecido cuarenta y cuatro números; de los parergones, publicación que desde hace bastante tiempo está suspendida, se dieron a la publicidad cinco tomos de diez números cada uno; anales, se han anunciado doce, de los que se han publicado nueve; igual número ha aparecido de los folletos de divulgación, y hasta hoy se han puesto en circulación cuatro monografías. La ejecución de estos trabajos en diversos talleres gráficos, ha hecho que la mayoría de ellos, y las dificultades inherentes a las diversas épocas en que se ha ordenado su impresión, haya contribuido a que dentro de una misma clasificación —anales o boletines—, adolezcan de falta de unidad en su presentación, haciéndose así si no difícil, al menos defectuosa la colección de los mismos. Tratando de remediar aunque sea en parte estas deficiencias, nuestra publicación designada “anales” aparecerá en lo sucesivo en tomos formados por diez números cada uno, como se hizo antiguamente con los parergones, y procuraremos que tengan aproximadamente igual volumen. De los doce números anunciados en nuestra lista de publicaciones, de los que como se ha dicho, han aparecido nueve, hemos separado aquí los dos últimos, iniciando con ellos el segundo tomo de anales; los diez anteriores los asignaremos al tomo primero de la misma publicación.



---

## LAS AGUAS SUBTERRANEAS DEL VALLE DE MORELIA, ESTADO DE MICHUACÁN

POR EL SEÑOR H. GAMACHO

---

### INTRODUCCION

A petición del C. Gobernador del Estado de Michoacán, el Departamento de Exploraciones y Estudios Geológicos resolvió que se hiciera el estudio hidrológico de la región cercana a la ciudad de Morelia; trabajo que fué ejecutado por mí, de acuerdo con las indicaciones que, por encargo del citado C. Gobernador, me hizo el señor ingeniero don Carlos Franco.

El problema se concretaba a resolver si tendrían éxito las perforaciones en busca de aguas artesianas en el Parque Juárez, de Morelia.

Planteada la cuestión, hice un reconocimiento preliminar por las inmediaciones de la ciudad, acompañado por el señor ingeniero Franco a quien debo observaciones útiles propias de su buen criterio e ilustración.

Estas exploraciones alcanzaron, por el N., 4 Km.; por el E., 6 Km.; por el SE. y S., 12 Km.; por el SW., 14 Km.; por el W., 18 Km., y por el NW., 8 Km. Posteriormente desarrollamos nuestro itinerario al SSW., hasta Pátzcuaro, y al N. y NE. hasta Quirio y Presa, parte baja de la cuenca del río Grande de Morelia ocupada por el vaso lacustre de Cuitzeo.

Debo manifestar mi agradecimiento a los señores ingenieros don Carlos Franco, don Alfonso Rodríguez Gil y don Jesús Chávez, por sus indicaciones oportunas que me fueron útiles para el mejor desempeño de mi comisión.

### *Datos geográficos*

Las coordenadas de Morelia, son: 19° 42' de latitud Norte y 1° 59' Oeste del meridiano de Tacubaya. Su distancia de

la ciudad de México sobre la línea del Ferrocarril Nacional de México a Uruapan es de 372 kilómetros.

La ciudad de Morelia, a 1,940 metros sobre el nivel del mar y con una población de 40,000 habitantes, se asienta sobre una meseta amplia y convexa, desprendimiento natural del cerro del Punhuato (fots. 1 y 2), situado a 4 kilómetros al Oriente de la ciudad. Morelia fué fundada en el primitivo pueblo de Guayangareo, al Sureste de su centro actual; es de suponerse que las inundaciones sufridas por esos terrenos bajos, determinaron el desarrollo de la población hacia la parte convexa de la loma.

### *Fisiografía*

Del centro de la ciudad se desciende en todas direcciones, excepto hacia el Este en que se levanta el cerro del Punhuato; hacia el Sur se presenta el alineamiento orográfico llamado Lomas de Santa María de los Altos (fots. 3 y 4), orientado de Este a Oeste en una extensión aproximada de 6 kilómetros. Entre la ciudad y el pie de este alineamiento corre de Este a Oeste el río Chiquito de Morelia, que, aguas arriba, antes de hacer su entrada al valle, se denomina río Huarangareo o de San Miguel; pasa al Sur de la ciudad, separando a ésta del Parque Juárez, en la falda de las lomas de Santa María, envuelve a la ciudad por el Oeste y tributa al Noroeste sus aguas al río Grande de Morelia que corre de Sur a Norte y juntos forman un cauce, con meandros, cuya estrangulación inunda las regiones pantanosas e insalubres del Oeste y Noroeste de la ciudad. (Fot. 5.) El río sigue un curso medio de Oeste a Este,

circundando a Morelia y pasando al pie de las lomas de Santiaguillo; por fin, al Noroeste de la ciudad encuentra su salida entre las faldas del Zapote, desprendimiento del Punhuato y las lomas de la Soledad, para seguir por Atapaneo y la Goleta. En la margen izquierda del río Grande y al Oeste, se levanta el prominente cerro de El Aguila (fot. 6), y al Noroeste, los cerros El Pelón y de Quinceo. (Fots. 7, 8 y 9.) El Pelón es un cerro basáltico, cuyo cráter desgarrado por la erosión hacia el Oriente, liga con sus faldas a El Aguila y al Quinceo, separando al valle de Morelia del de Cuto. Del Quinceo se desprende hacia el Noreste un lomerío de perfil suave y poca elevación que separa al valle de Morelia del valle de San Bartolo, más extenso que aquél, más bajo, más pantanoso y tributario de la laguna de Cuitzeo. Este es el aspecto del valle de Morelia que podemos considerar como región intermedia entre la cuenca superior del río Grande de Morelia, y la inferior o cuenca lacustre, ocupada por la laguna de Cuitzeo. Las tres regiones forman el área de drenaje o cuenca hidrográfica del río Grande de Morelia.

Los bordes montañosos que limitan la cuenca hidrográfica en cuestión, separan los valles en ella contenidos de dos cuencas hidrográficas muy importantes en el país: la del Balsas y la del Lerma, ambas pertenecientes a la vertiente oceánica del Pacífico; sirviendo una línea de relieve para separar al Suroeste de Morelia, la cuenca del río Grande de la cuenca cerrada cuyo fondo ocupa el lago de Pátzcuaro. (Croquis de la lámina 1.)

La sierra de Otzumatlán, cuyo eje está orientado del NE. al SW., tiene hacia el Oeste un desprendimiento montañoso que se liga con el Punhuato en las cercanías de Morelia; definiendo una arista montañosa que deja al Sur áreas de drenaje tributarias del Balsas y al Norte los arroyos tributarios del río de Queréndaro que, drenando los terrenos de Zinapécuaro e Indaparapeo, desemboca en la laguna de Cuitzeo, independientemente del río Grande de Morelia; pero reconociendo como éste, el nivel del mismo lago.

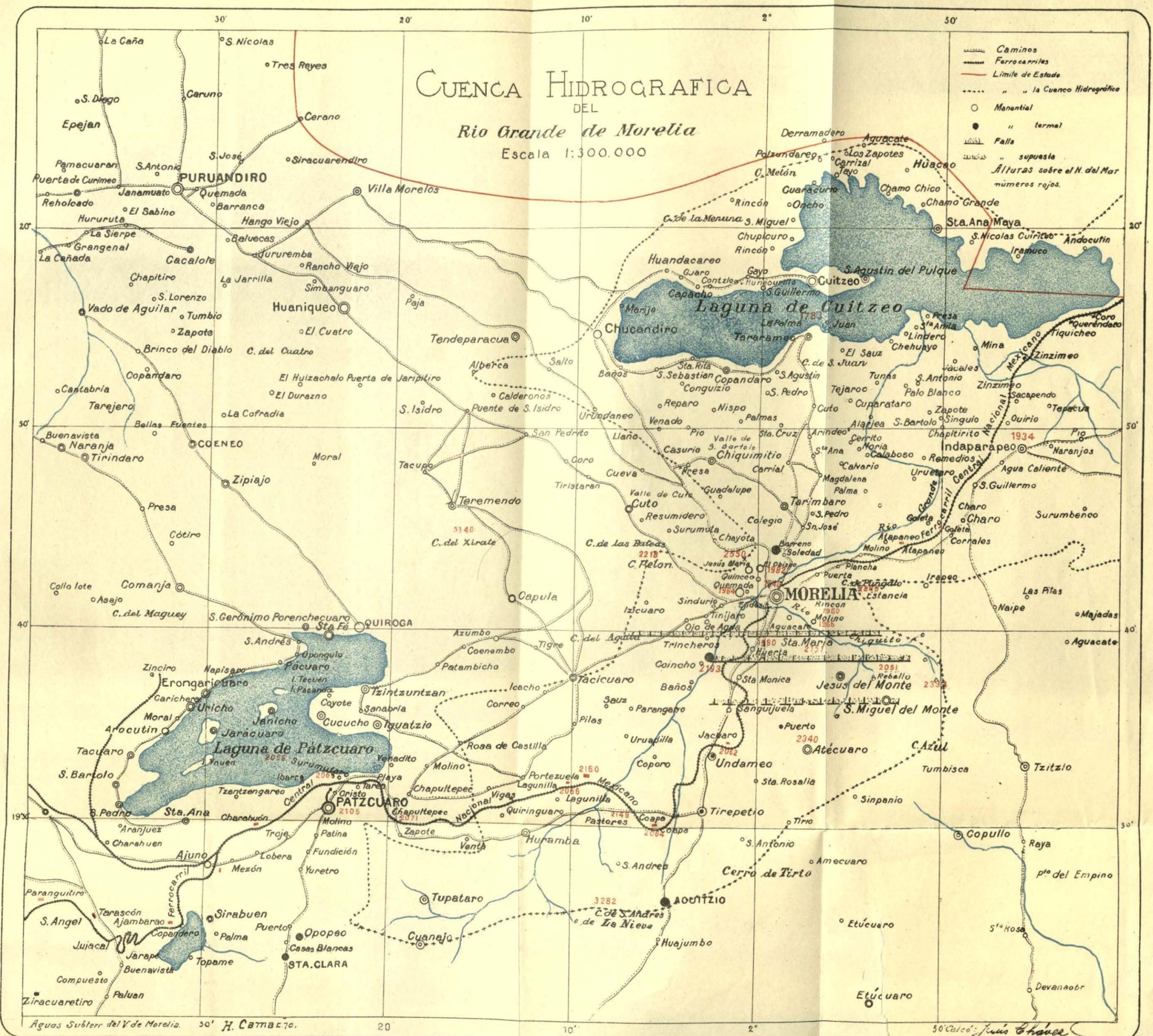
Del cerro de Punhuato nos vamos a

servir como punto de partida para seguir la arista montañosa que circunscribe la cuenca. El Punhuato es un cerro basáltico, que tiene un cráter, actualmente desgarrado hacia el Oeste, es decir, hacia la ciudad de Morelia. Formando un todo genético y morfológico con el Punhuato se encuentra al Sur, el cerro de las Coronillas y, después, al Sureste de la ciudad, se presenta la pintoresca entrada a la cañada llamada Los Filtros; y que yo denominaría, con más propiedad, cañada del río Chiquito o cañada del río Huarangareo, puesto que a este río se debe, en parte, la escisión profunda y angosta que divide al cerro de las Coronillas (Coronilla Alta y Coronilla del Molino), del alineamiento orográfico que de ese lugar corre hacia el Oeste, limitando al Sur el horizonte de Morelia y que, ya dijimos, está formado por las lomas de Santa María de la Asunción o de los Altos. Siguiendo el cerro de las Coronillas al Sureste y sobre la margen derecha del río de Huarangareo, cuya juventud, en el ciclo erosivo, queda demostrada por la forma característica de su sección transversal (fot. 10) y por su pendiente media, seguiremos propiamente la línea de relieve limítrofe de la cuenca del río Grande, línea representada por los cerros del Guajolote, de Enmedio y Cerro Azul, de cuyas vertientes descienden los arroyos de Carindapaz, Rebello y otros que forman el río Chiquito o de Huarangareo. El cerro Azul se liga al Poniente con el cerro de Atécuaro, cuyo perfil abrupto se transforma al Norte en una mesa suavemente inclinada en que se asientan San Miguel del Monte, Jesús del Monte y Santa María de la Asunción; al llegar al borde boreal de esta mesa, el perfil desciende bruscamente hacia el cauce del río Chiquito en las afueras de la ciudad de Morelia, siendo típica la topografía de este borde y reveladora de dislocaciones cuyo mecanismo se describirá después. La mesa de Santa María, inclinada al Noroeste, comienza a ser ocupada por arroyos jóvenes que labran sus valles paralelos entre sí y al alineamiento Este-Oeste del borde de las lomas de Santa María, tributando sus aguas al río Grande. Entre Atécuaro

# CUENCA HIDROGRAFICA DEL Rio Grande de Morelia

Escala 1:300.000

- Caminos
- Ferrocarriles
- Limite de Estado
- " " " la Cuenca Hidrográfica
- Manantial
- " " " termal
- Falla
- " " " supuesta
- Alturas sobre el N. del Mar números rojos.



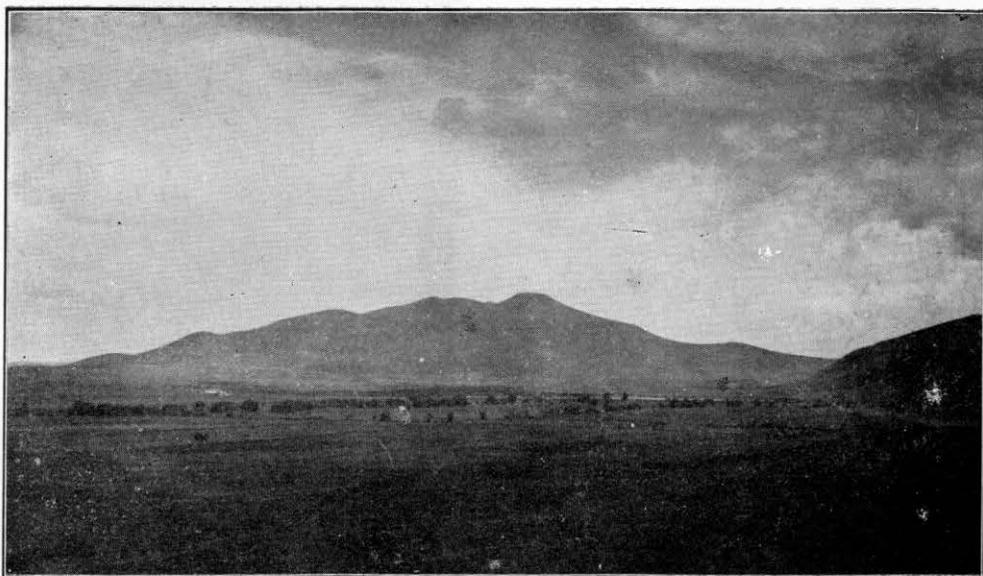
Agua Subterr. del V. de Morelia. 30' H. Carta 170.

50' Col. J. Chaves

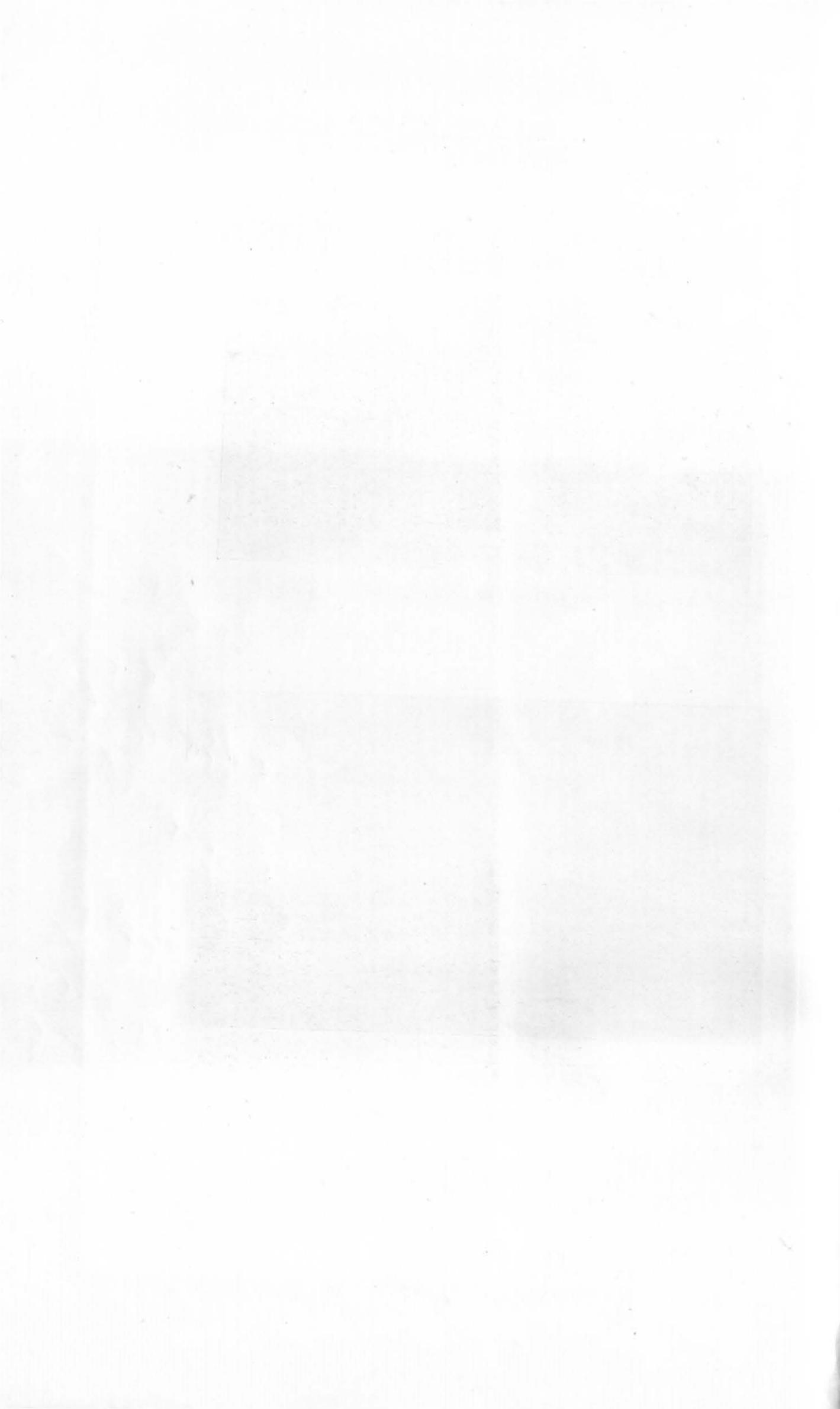


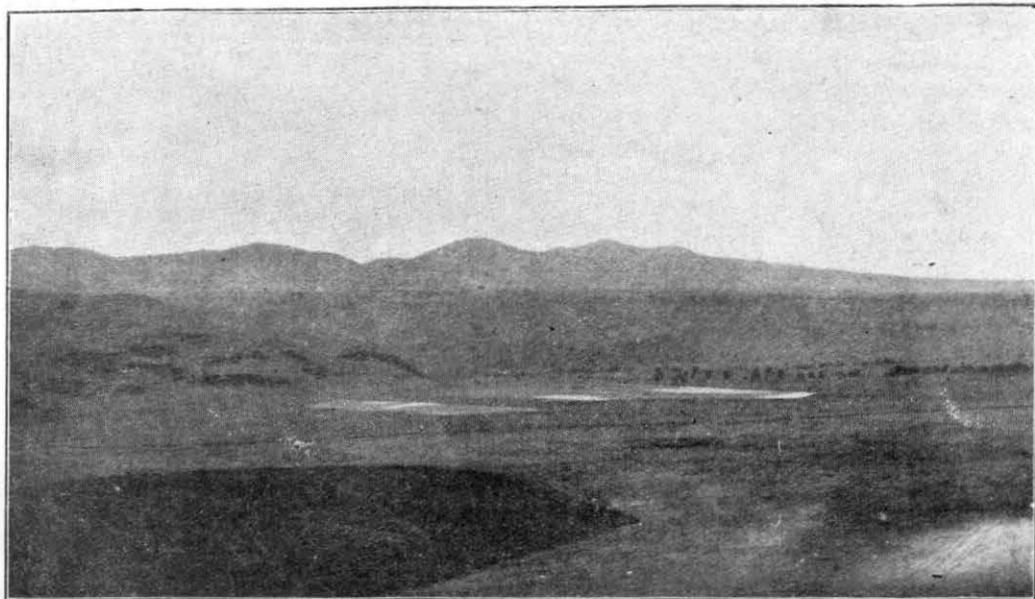


Fotografía número 1. El cerro del Punhuato, al Oeste de Morelia.

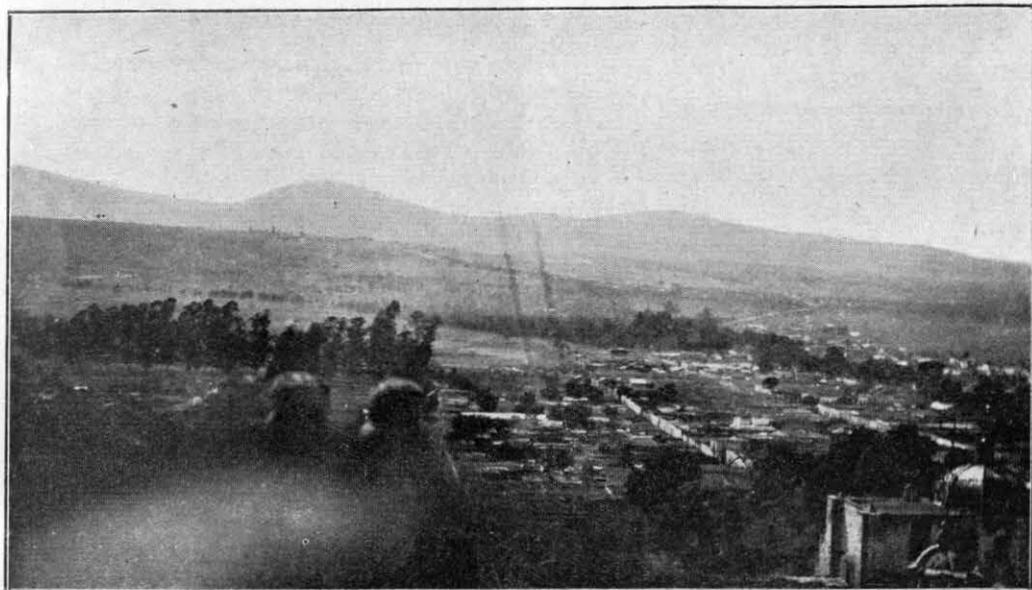


Fotografía número 2. El Punhuato y el cerro de Las Coronillas.

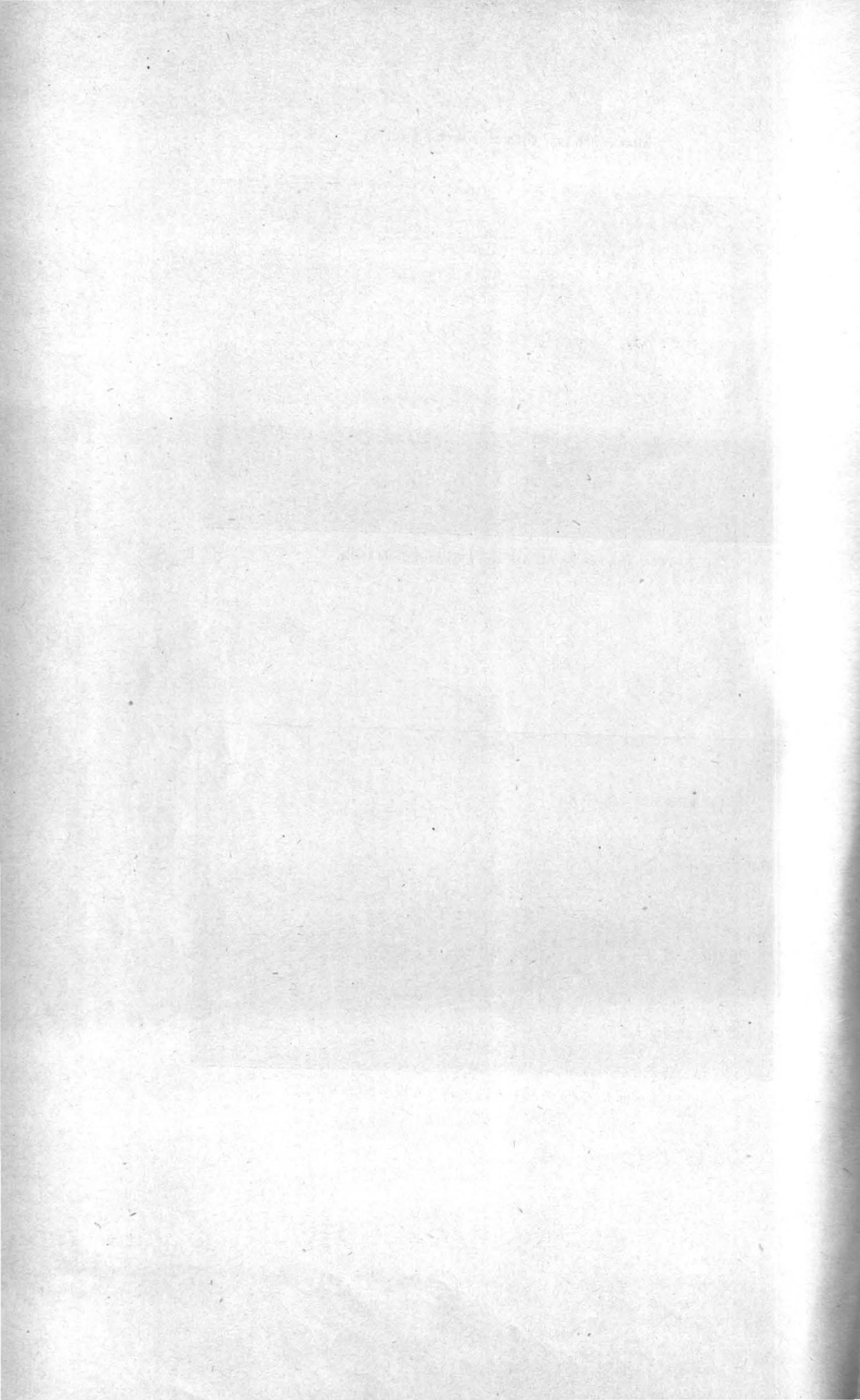




Fot. núm. 3.—Cerro de Atécuaro y lomas de Santa María.



Fot. núm. 4.—Cerro de Atécuaro y línea de falla de Santa María.



y Cerro Azul se forman rinconadas ocupadas por arroyos permanentes que alimentan numerosos manantiales y tributan sus aguas al río Chiquito o cañada de Huarangareo. La topografía del cerro Atécuaro, al Sur, es muy distinta, abrupta y accidentada, sigue formando el límite de la cuenca del río Grande al unirse con el cerro de Tirio, situado al Suroeste y sin perderse la continuidad de nuestra línea orográfica, la seguiremos encontrando en la mesa de perfil suave en que se asienta Acuitzio, mesa desprendida del núcleo montañoso de relieve más importante, conocida con el nombre de San Andrés o cerro de la Nevería, eminencia cónica la más alta de la región (3,282 metros). De las vertientes septentrionales de esta montaña toman su origen los primeros tributarios del río Grande de Morelia alimentados por manantiales y que aumentan su caudal con la fusión de las nieves en el invierno. Del San Andrés se sigue al Oeste la arista montañosa representada por los cerros de la Cruz Gorda, Tupátaro y el cerro del Burro o de Cuanajo, de ahí hace una deflexión la línea hacia el Norte, dejando al Oeste la cuenca lacustre de Pátzcuaro y al Este la del río Grande, cuyo valle más alto es el pequeño de Huiramba. El partaguas queda formado por el enlace de los flancos basálticos, cubiertos de tobas rojas que presentan bellos aspectos de erosión, de los cerros de San Andrés y de El Aguila, siendo el puerto de Fontezuelas el más bajo de este enlace, punto obligado que aprovecha la vía del Ferrocarril Nacional y el más elevado en el perfil de la vía entre las estaciones de Morelia y Pátzcuaro (414 kilómetros de México, D. F.). La notable eminencia del cerro del Aguila ocupa una extensión superficial considerable en el plano de la región, enviando poderosas corrientes basálticas en todas direcciones, ya hacia el Oeste o sea hacia los bordes del lago de Pátzcuaro (cuenca cerrada adyacente a la que describimos); ya hacia el Sur, en donde sus apéndices más resistentes a la erosión casi se ponen en contacto con los desprendimientos boreales del Cuanajo, del San Andrés, del cerro de Tirio y del de Atécuaro, produciendo un estrangula-

miento de los valles que, de Oeste a Este, son como principales: Huiramba, Lagunillas y Coapa; siendo los estrechamientos más notables de esta serie de valles que recorre el F. C. N. el de Pastores, intermedio entre Lagunillas y Coapa, y el de Undameo, en donde el río se encajona para descender hacia el valle de Morelia, siempre entre las faldas del Aguila por su izquierda y los contrafuertes acantilados de Coincho y la Huerta por su derecha. Los contrafuertes que del Aguila se desprenden hacia el Noroeste van a reunirse con la sierra de Comanja que bordea el lago de Pátzcuaro por el Norte, los septentrionales van a reunirse con el Zirate cuya altura es de 2,970 metros sobre el nivel del mar y su flanco Noroeste se une al cerro Pelón que, ligado a su vez a las faldas de Las Tetas de Quinceo, separa al valle de Cuto del de Morelia. La línea orográfica se continúa por la cumbre del Quinceo y hacia el Noreste por un lomerío que separa la cuenca del río Grande del valle de San Bartolo. El valle de Cuto está ocupado por numerosos conos volcánicos subordinados del cerro del Aguila, algunos de los cuales han conservado bastante bien los bordes de sus cráteres; en otros se ha desgarrado el cráter y en sus flancos aparecen estrías, surcos o costillas que acusan la erosión incipiente de estos jóvenes aparatos volcánicos. Entre ellos mencionaremos los cerritos de la Mina o Cerro Grande, Molcajete, Malacate, Jendó y el Reparó. El valle de Cuto queda limitado al Oeste por el Zirate y La Leonora. (Fot. 11.)

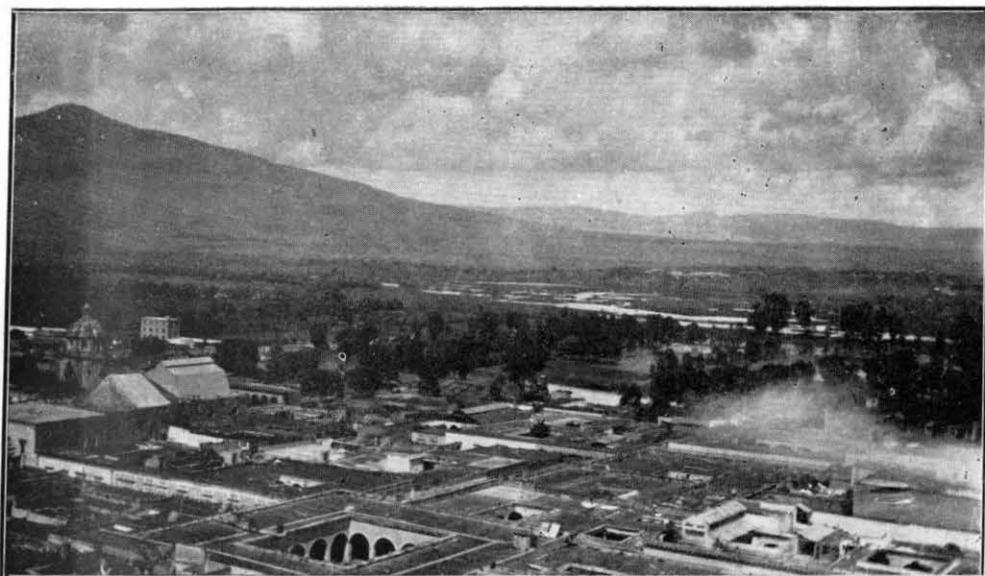
#### *Hidrografía*

El río Grande de Morelia es de caudal permanente, de corto desarrollo lineal, y además de alimentarse de una copiosa precipitación pluvial, sus fuentes son numerosas e importantes. Puede estimarse su gasto medio en cinco metros cúbicos por segundo. Aliméntase de los manantiales que se encuentran en las faldas del cerro de San Andrés y de la fusión de las nieves en la cumbre de este cerro en el invierno; se une éste con el de Acuitzio y forman el río que comienza a encajonarse en Undameo. Labra su lecho sobre

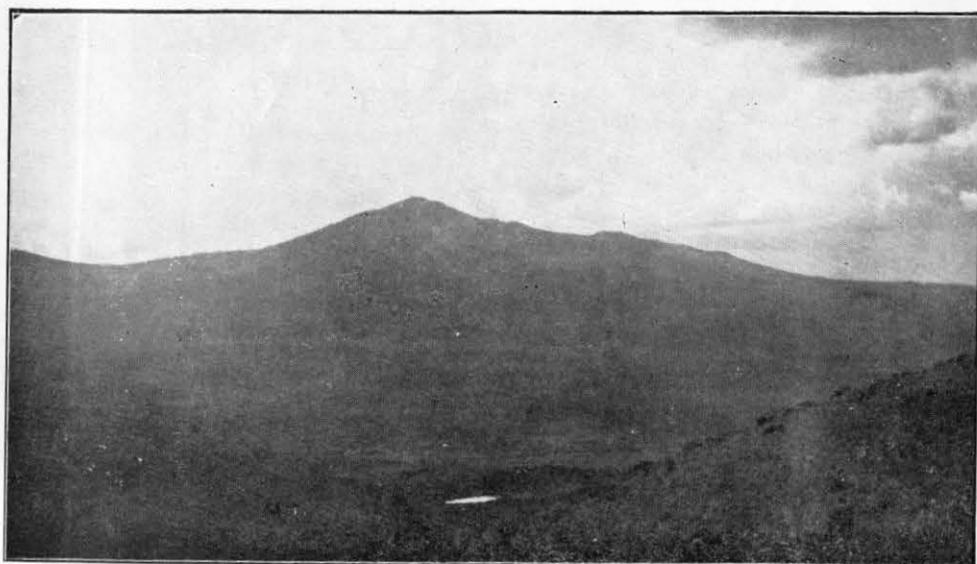
los basaltos en los valles de Huiramba, Lagunillas y Coapa, y forma saltos debidos a la presencia de fallas de las que hablaremos después. Encajonado en Santiago Undameo entre paredes de riolita, sigue su curso al Noreste, recibiendo por la derecha el contingente de los manantiales termo-minerales de Coincho (diez litros por segundo) y también por la derecha de los arroyos permanentes que, con direcciones casi paralelas de Este a Oeste, descienden de las cumbres de Atécuaro, tales como el arroyo del Muerto o de Volantes que pasa por la hacienda de la Huerta y después el arroyo Blanco y el de las Tierras o de Santa María (fot. 12) que, reunidos, tributan al río Grande al Oeste de la ciudad de Morelia; por la izquierda recibe en las Juntas el arroyo de la Alberca que desciende de la vertiente Noreste del cerro del Aguila, así como el contingente de los abundantes manantiales que se localizan en las faldas del cerro de Quinceo: La Quemada en el rancho de los Ejidos, Sindurio, Tiníjaro y de Jesús María, El Obispo y La Mora en terrenos de la hacienda de Quinceo, todos estos manantiales brotan en el contacto del basalto con la andesita o en los flancos y extremidades erosionadas de las corrientes basálticas. No son termales sus aguas, y puede estimarse en 80 litros por segundo el gasto total de todos ellos. Al Norte de la ciudad de Morelia los manantiales termo-minerales de El Barreno, con gasto de 10 litros por segundo, alimentan el caudal del río e inundan una regular superficie de tierras pantanosas. Finalmente, el tributario de mayor consideración que recibe el río Grande de Morelia, al Noroeste de la ciudad, es el río Chiquito o río de Huarangareo, considerable por su gasto de 3 a 4 metros cúbicos por segundo, caracterizado por el gran número de manantiales que lo alimentan, por la pequeña área de su cuenca tributaria, por su curso rápido característico de los ríos jóvenes y por la presencia de saltos que corresponden a líneas de fallas atestiguadas por su alineamiento y topografía característicos. El agua de que se abastece la ciudad de Morelia es del río Chiquito, en cuyo cauce se han establecido tanques-filtros, aguas

arriba de la cascada del Molino (fot. 13), en la hacienda del Rincón; de estos filtros de arena se deriva el agua para el uso de Morelia que llega por el acueducto antiguo, construído por fray Antonio de San Miguel Iglesias, que mide 8,736 metros, de los que 1,680 metros se apoyan sobre una arquería de estilo romano, tipo especial de las obras coloniales de abastecimiento de aguas.

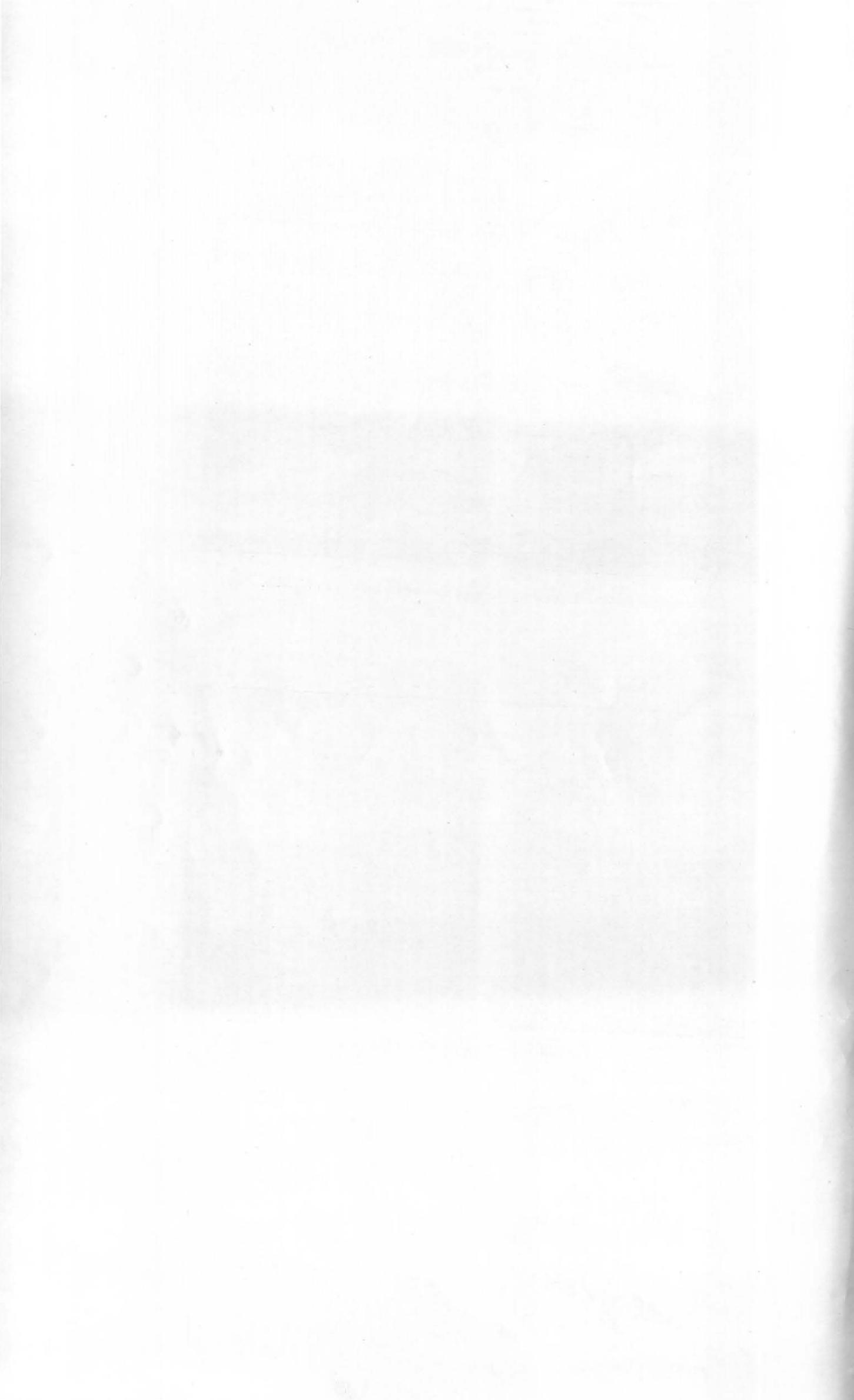
La cuenca hidrográfica del río Chiquito es de topografía accidentada, de forma triangular, la base la forma la arista montañosa del Cerro Azul y el vértice boreal es el lugar denominado Los Filtros, al Sureste de Morelia; tiene una superficie, aproximada, de 3,000 hectaras y la red hidrográfica está constituida por los arroyos que a continuación se expresan, comenzando su descripción por la cañada de Los Filtros o de Huarangareo y siguiendo, aguas arriba: por la izquierda, recibe las aguas del arroyo o barranca de la Yerbabuena, que corre entre el cerro de la Cantera y la mesa de Jesús del Monte. Este arroyo se alimenta de los ojos de Platanillo y de la Yerbabuena que brotan a 213 metros sobre el nivel de la ciudad de Morelia. Por la derecha y aguas arriba, recibe el río de Huarangareo al arroyo de Carindapaz, que trae un curso medio de Este a Oeste, en una longitud de 8,280 metros, nace de la rinconada del cerro de Enmedio, falda del cerro Azul; este arroyo es uno de los tributarios más importantes, la cabeza o nacimiento de este arroyo lo forman las aguas de manantiales situados a 370 metros sobre el nivel de Morelia. De la mesa de Jesús del Monte nace en el ojo de Agua Zarca, un arroyo que tributa sus aguas por la izquierda al río Chiquito o de Huarangareo. En las faldas que descienden hacia el Este de la mesa de Jesús del Monte y sobre la margen izquierda del río de Huarangareo se encuentran los manantiales de Rosa de Castilla, Las Palmas, El Zarzal y La Ciénega. Avanza hacia el Norte el cerro de la Maroma, coronado por una mesa y separa las corrientes dejando al Oeste el río principal y al Este el arroyo de Rebello, que nace en los manantiales de La Peña de la Pitahaya, que pertenecen al cerro Azul. Esos manantiales se en-



Fotografía número 5. Región pantanosa de los alrededores de Morelia.



Fotografía número 6. El cerro del Aguila, tomado desde el cerro Pelón.



cuentran a 393 metros sobre la ciudad de Morelia; el arroyo de Rebello tiene un desarrollo de 4,760 metros, el rumbo medio del arroyo es de Este a Oeste. Siguiendo aguas arriba encontramos la confluencia del arroyo del Peral con el mismo rumbo que las anteriores y que corre entre los cerros de la Maroma y de Calvillo; nace en las vertientes del cerro Azul de los manantiales de Pino Solo, su longitud es de 3,320 metros. A partir de la confluencia de este arroyo, el río de San Miguel o de Huarangareo se encajona entre los cerros del Gigante y la Cuadrilla por su izquierda y de Calvillo y la Cazuela por su derecha. Recibe por su izquierda los arroyos de Tiquio y del Molino, este último nace de los manantiales del Molino y recibe también otros cuatro arroyos que descienden de San Miguel del Monte y de los cerros de Torrecilla y de San Pedro. Los manantiales que alimentan el arroyo del Molino o sean los de Agua Azul están a 477 metros sobre el nivel de la ciudad de Morelia y el Ojo de San Pedro, a 393 metros sobre el mismo nivel. Siguiendo aguas arriba encontramos la junta de los arroyos Carindapaz, el Alto y Agua Zarca. Desde esta junta hasta la salida del río al valle de Morelia, su desarrollo lineal es de 12 kilómetros, su curso medio es Norte 30° Este; y su pendiente media es de 3.3%. Tanto el río como sus tributarios tienen saltos que corresponden a puntos de intersección de los thalwegs con las fallas.

Al salir el río Grande del valle de Morelia sigue su curso por Atapaneo, La Goleta, terrenos de Sacapendo (fot. 14) y El Zapote, hasta desembocar en la laguna de Cuitzeo. (Fot. 15.)

### Geología

*Rocas.* La región está cubierta por rocas eruptivas terciarias y post-pliocenas, terrenos de aluvión y suelos arcillosos que rellenan los valles.

*Andesitas.* Como rocas eruptivas terciarias mencionaremos las andesitas porfíricas y microcristalinas de color gris, que afloran en diques en el cerro del Quinceo, en las andesitas de hyperstena. Estos diques de andesita se observan en

distintos rumbos y están en posición radial partiendo de la cumbre de Quinceo.

Andesitas son también las rocas que afloran en la cumbre del cerro de Atécuaro, haciendo comprender, por su disposición, que las erupciones andesíticas se verificaron por grietas; la roca es de un color rosado sucio, con numerosas cavidades y de estructura fluidal. Las andesitas no ocupan una área considerable en la región visitada, no así las riolitas y tobas riolíticas que cubren una parte muy extensa.

*Riolitas.* Las erupciones riolíticas se hicieron por grietas y el magma eyectado formó el cerro Azul y los que limitan la red hidrográfica del río Chiquito; de igual constitución son las masas de Jesús del Monte y Santa María, y diseminadas en tobas riolíticas y a distintas alturas, se encuentran muchas esferas cuyos diámetros varían de 0.10 M. a 0.70 M. Es notable la tendencia que estas rocas tienen a la forma esférica casi perfecta. Están constituidas por un núcleo riolítico, de color pardo obscuro, de fractura conchoidal, lustre vítreo que recuerda el de la obsidiana roja de Pateo o Chinapo. (Tzi-*napo*, significa obsidiana, en Tarasco.)

Este núcleo pétreo está totalmente envuelto por tobas que contienen vidrio volcánico y pómez. La génesis de estas masas esféricas no está estudiada todavía; pero podemos asegurar por su yacimiento, que se originaron simultáneamente al depósito de las tobas riolíticas en que se alojan, y que a juzgar por la masa vítrea del núcleo, debieron de sufrir un enfriamiento muy brusco. Probablemente el magma fluido fué proyectado en el agua fría y se resolvió en innumerables esferas de distintos diámetros, pero presentando todas ellas una identidad muy grande en sus secciones meridianas. Desde luego hay que desechar la idea de que sean fragmentos riolíticos erosionados y después rodados hasta su depósito en las laderas de las lomas de Santa María, porque no hay ejemplos de que la erosión y el intemperismo hayan producido formas esféricas tan perfectas como las de estas riolitas.

*Tobas riolíticas.* Las tobas riolíticas que en las mesetas de Jesús del Monte y Santa

María de los Altos engloban las esferas riolíticas, forman el subsuelo de la ciudad de Morelia y el de las canteras de Santiaguillo al N., y puede decirse que la ciudad de Morelia fué construída en los tiempos coloniales, sobre las tobas riolíticas citadas. Como material de construcción esta toba riolítica es blanda y fácil de labrar; pero las inclusiones de pómez hacen que los perfiles arquitectónicos no se delinien con toda claridad. Estas tobas presentan diaclasas importantes desde el punto de vista de la hidrología interna y seguramente tienen por origen el enfriamiento y el intemperismo. Sus rumbos varían de N. 20° W. a N. 75° W. en el sistema más importante de fracturas, existiendo para cada rumbo el conjugado rectangular correspondiente. Ya repetiremos después que estas fracturas de enfriamiento son el sitio de circulación de aguas subterráneas y que las aprovechables pertenecen a la región Sur de la ciudad de Morelia.

*Basaltos.* Las rocas eruptivas post-pliocenas y modernas cubren la mayor parte de la cuenca del río Grande de Morelia, están representadas por basaltos que hicieron intrusión en las andesitas de hyperstena de Quinceo, trazando un contacto orientado de E. a W. Las grietas eruptivas, siguiendo el mismo rumbo, permitieron que el basalto hiciera su efusión en un campo riolítico como sucede en El Barreno; pero el basalto cuaternario y moderno no hizo erupción solamente por grietas sino que también por cráteres de explosión como en el cerro de Quinceo, pues la cumbre de este cerro, denominada las "Tetas de Quinceo," es el borde erosionado de un cráter basáltico. (El nombre vulgar de "Tetas" y "Tetillas," como el de "Bufas," ha sido reservado a los perfiles riolíticos y no a los cráteres como pasa en esta localidad.) (Fots. 8 y 10.) Además, los basaltos han levantado y dado origen al aparato volcánico El Punhuato. (Fots. 1 y 2.) El cráter de este volcán fué amplio, en forma de circo y en las paredes de su chimenea se advierte la alternancia del lapilli y de la lava fluida, sus materiales sólidos y cineríticos cubrieron las tobas riolíticas que forman el asiento inmediato de la ciudad de

Morelia. Ese viejo cráter está ampliamente desgarrado al W., es decir, hacia la ciudad. El basalto compacto negro, sin cavidades en su masa, forma el cerro de las Coronillas el cual hace un todo genético con el Punhuato. El cerro Pelón, en el borde occidental del valle de Morelia, es basáltico también, de la misma edad que el Punhuato, con su cráter en el mismo estado de erosión y deja al W. el valle de Cuto sembrado de aparatos basálticos cuya morfología dimos a conocer antes. Las erupciones basálticas son como lo han observado los geólogos en otras localidades, muy abundantes por el material eyectado; las cimas riolíticas no admiten la comparación de alturas en el relieve basáltico; y los ejemplos más notables que señalaremos son los imponentes volcanes de El Aguila y el cerro de San Andrés.

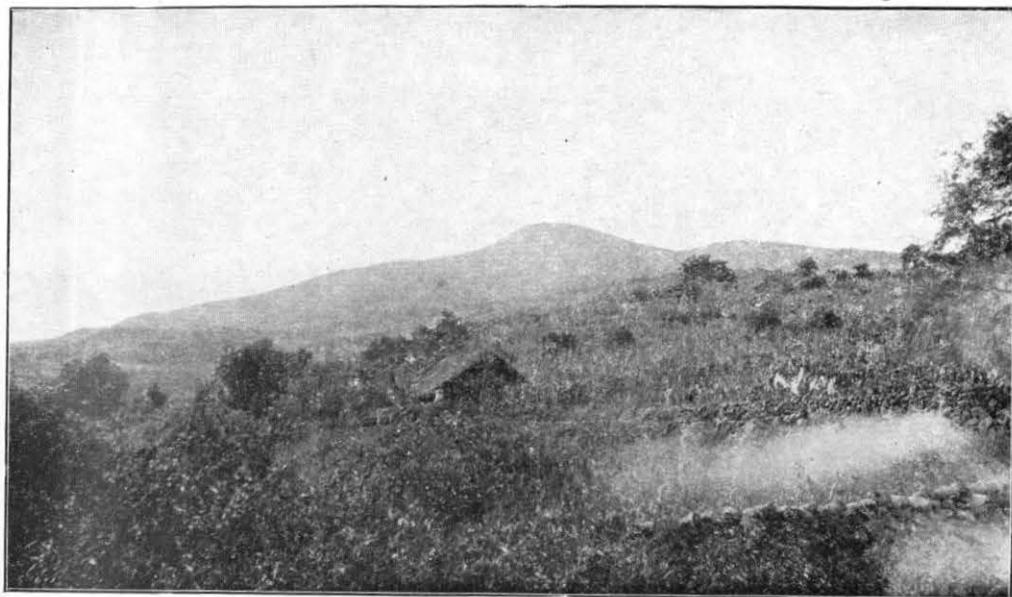
Decimos que los basaltos son recientes porque los consideramos, por razón de vecindad, semejantes a los de Agua Fria y Jaripeo, Ucareo y Zinapécuaro, estudiados por los señores ingenieros don Santiago Ramírez y don Vicente Reyes, y, posteriormente, por el doctor don Manuel Villada (1), quienes hacen constar la existencia de fumarolas, solfataras, criaderos de azufre y otras manifestaciones que pertenecen al género de las manifestaciones hidrotermales de El Barreno en el valle de Morelia.

#### Tectónica

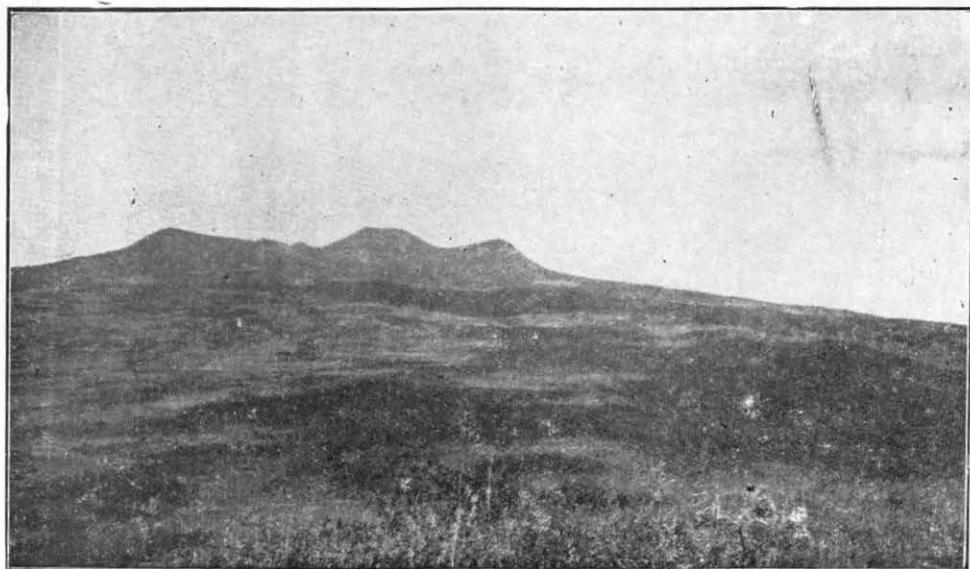
Los fenómenos más salientes, desde el punto de vista geológico, son los de diastrófismo que pueden observarse en el valle de Morelia. La región está dislocada; al Sur de la ciudad se observa una escalera de fallas orientadas de E. a W. De los cerros de Atécuaro al cerro del Aguila, una ceja acantilada marca un salto en el relieve; un poco al N. se marca el segundo escalón que pasa por Coincho; y después de la amplia terraza en que se

(1) Boletín de la Sociedad de Geografía y Estadística, 1ª época, Núm. 9, pág. 9. Doctor José G. Romero.

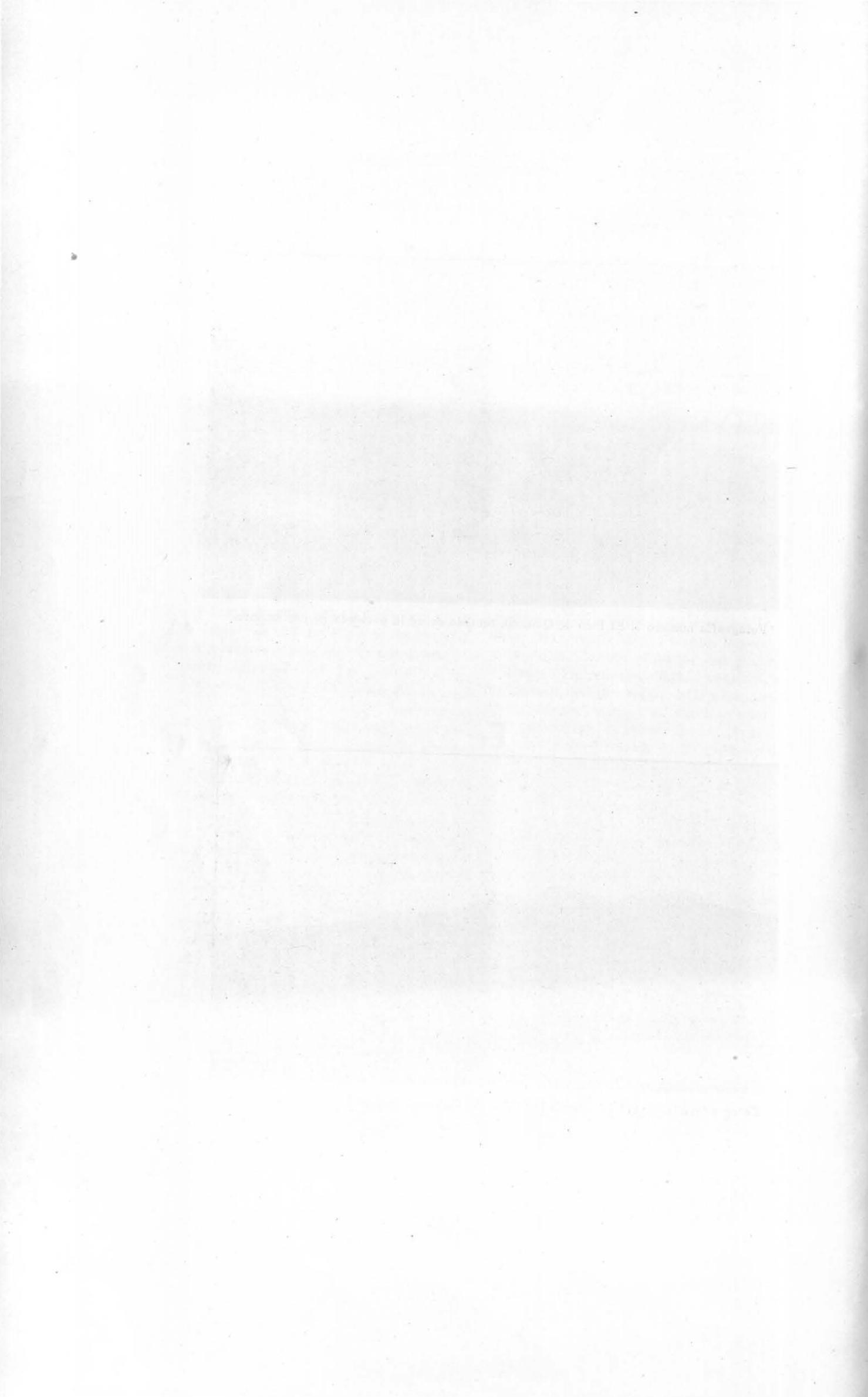
"La Naturaleza," 2ª serie, tomo I, páginas 418-433. Ap. de Geol. y Bot. Por el señor doctor Manuel Villada.



Fotografía número 7. El Pico de Quinceo, tomado desde la hacienda de ese nombre.



Fotografía número 8. El cráter de las Tetas del Quinceo, tomado desde el cerro Pelón.

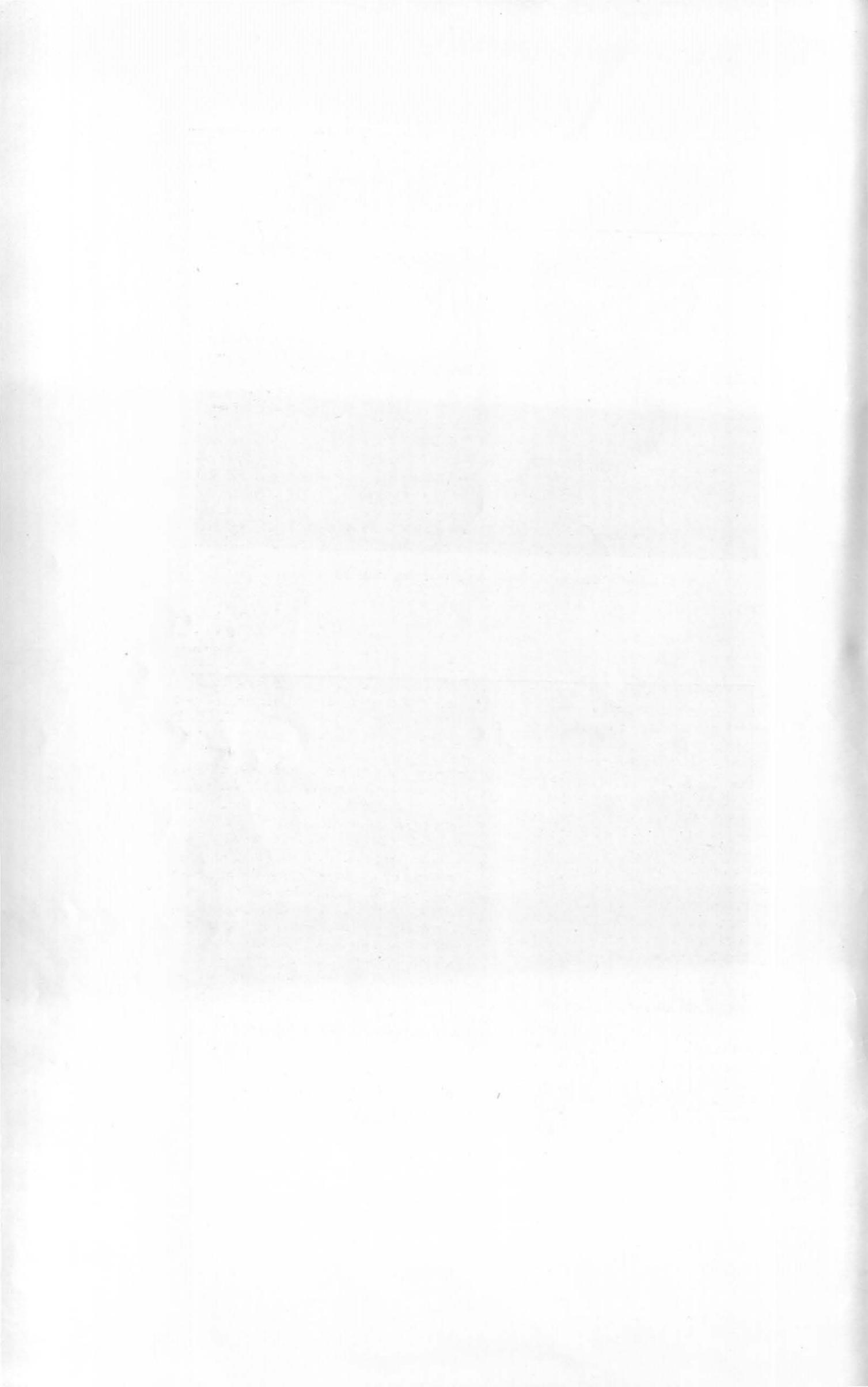




Fotografía número 9. Borde occidental del Valle de Morelia.



Fotografía número 10. Perfil transversal de la cañada de Hurangareo.



asienta Santa María, se encuentra la falla cuyo plano forma la ladera escarpada de las lomas de ese nombre. En este lugar y en la cañada de Huarangareo o del río Chiquito encontramos espejos de falla con sus superficies brillantes y estriadas. Los espejos de la cañada citada se formaron en el contacto de las riolitas y los basaltos, y constituyen una prueba evidente de los movimientos que han sufrido algunos bloques de la corteza terrestre, los cuales han acontecido en épocas muy distintas, porque las tobas basálticas del cerro Pelón están también dislocadas, pudiendo decir, en general, que hubo movimientos posteriores a la efusión de las riolitas que se han prolongado hasta la época actual, como lo prueban documentos antiguos, además de los testigos geológicos que ya citamos.

#### *Hidrología subterránea*

*Datos meteorológicos.* El clima de Morelia es templado y agradable. La temperatura media anual diurna es de 14°.

La altura anual de lluvias es de 798.5 milímetros. El año actual ha sido esencialmente lluvioso y hasta el 14 de octubre se había alcanzado la altura de 981.8 mm., superior a la anual de años anteriores y después de esa fecha presentamos algunas lluvias.

Los vientos dominantes son los de SW. La velocidad media por hora es de 8,970 kilómetros.

*Receptáculos acuíferos subterráneos.*  
*Diaclasas.* Las aguas subterráneas circulan en la cuenca del río Grande y en la del río Chiquito de Morelia, por diaclasas y paraclasas. En las riolitas del cerro Azul y del cerro de Atécuaro la circulación se verifica en las fracturas de la roca compacta cuya masa es prácticamente impermeable; la permeabilidad de estas rocas es de la llamada "en grande," discontinua o localizada en grietas. La erosión ha puesto a descubierto las fuentes del río Chiquito en la cuenca hidrográfica descrita y están dispuestas en tres líneas de nivel superiores a la ciudad de Morelia, a 393, 200 y 115 M. sobre la plaza de dicha ciudad. Es la erosión en las

barrancas de una cuenca hidrográfica, la que ha facilitado la emergencia de los manantiales que tienen como lecho inferior, relativamente impermeable, la arcilla o kaolín impuro que proviene de la descomposición "in situ" del feldespatos de las riolitas y el muro impermeable del alto de otras tantas fallas. Estos manantiales son permanentes, constituyen las fuentes del río Chiquito en las vertientes y rinconadas del cerro Azul y del de Atécuaro, y su gasto no impide la infiltración subterránea en la que sigue dominando la gravedad sobre la capilaridad y así se alimentan y llenan las fracturas de las tobas riolíticas que forman la mesa de Jesús del Monte y Santa María de los Altos. Numerosas diaclasas verticales cuyos rumbos son: S. 20° W., S. 28° W., S. 30° W. y S. 75° W. (fots. 18 y 19) y el sistema conjugado correspondiente de cada uno de ellos, aunque menos marcado en el terreno, determinan una permeabilidad del mismo género que la observada en las rocas de Atécuaro. Hay que agregar, además, la permeabilidad propia de la toba riolítica que contiene grandes inclusiones de pómez fibrosa y cuyos intersticios forman canales capilares de circulación acuífera, permeabilidad más lenta que la que se verifica por las diaclasas de las tobas de Santa María; pero que es una garantía para asegurar el mantenimiento de un régimen constante. La zona de alimentación de este receptáculo acuífero puede valuarse en 3,000 H., la mayoría de su superficie es montuosa, cubierta de encinos y oyameles, la parte de desmonte es arcillosa, suelos que provienen de la descomposición de los feldespatos.

*Paraclasas.* Hemos dicho que la circulación del agua subterránea se verifica también por paraclasas; efectivamente, las aguas termales de los baños de Coíncho tienen ese origen, brotan en una línea de falla en las tobas riolíticas de Atécuaro, precisamente en la intersección de la línea de falla orientada de E. a W. con el thalweg labrado por el río Grande de Morelia.

El mecanismo de circulación de las aguas por paraclasas ha quedado bien de-

finido por Mr. L. De Launay (1). Las dislocaciones que he señalado son el sitio de emergencia y de circulación hidro-termales, lo que demuestra la profundidad de estos accidentes tectónicos. Los manantiales de Coíncho tienen un gasto como de 10 litros por segundo y ninguna obra de mejoramiento en la captación se ha intentado para aumentar este gasto. La temperatura del agua es de 32°.5 C.; intermitentemente se nota la salida de grandes burbujas de anhídrido carbónico libre, característico de los manantiales que brotan en rocas terciarias y recientes, como lo hace notar Mr. De Launay. Es seguro que una línea de manantiales de la misma génesis de los de Coíncho podía jalonar una línea de falla de la región, al mismo nivel que los manantiales citados, o de marcar cualquiera de las fallas que se escalonan. Sería dable hacer obras de captación que facilitaren su emergencia, en la intersección de la línea de falla con los thalwegs de las corrientes superficiales, puntos de mínima resistencia en los que las aguas podrían verificar su salida como pasa en Coíncho. Este balneario está en completo abandono y las aguas son potables.

*Zonas de contacto.* Al NW. de Morelia y muy cerca de la población se encuentran manantiales termales en el lugar llamado El Barreno, los que brotan en el contacto de los basaltos cuaternarios y las riolitas. Su génesis es distinta del grupo hidrotermal de Coíncho; su temperatura es de 30° C., termalidad que es debida, en parte, a que probablemente las aguas subterráneas sufren un recalentamiento al contacto con las capas basálticas recientes, y en parte a la profundidad de que provienen; el agua es de color verdoso, y en los manantiales hay desprendimiento de hidrógeno sulfurado. No existen obras de captación que pudieran haber aumentado el gasto de los manantiales actuales; pero es seguro que siguiendo el contacto de las riolitas compactas que afloran al S. de los baños del Barreno, se obtendrá una línea de manantiales de algunos centenares de metros.

(1) Recherche, Captage et aménagement des Sources thermo-minerales, París, 1899, páginas 54-59, por L. De Launay.

Actualmente se inunda en pantanos la depresión que en ese lugar existe; prueba clara también de que el relieve topográfico ha tenido influencia para facilitar la emergencia en ese lugar. Estas aguas pueden clasificarse, por su génesis, entre las que aparecen al exterior en el contacto de formaciones eruptivas distintas; y su termalidad, en parte, debe considerarse como de origen volcánico.

En el valle de Morelia distinguimos otro grupo de manantiales cuyas aguas tienen una temperatura próximamente igual a la media anual, su circulación subterránea es poco profunda; la superficie de alimentación de estos receptáculos acuíferos subterráneos se encuentra dentro de los límites del área hidrográfica que hemos descrito; el gasto de los manantiales de este grupo, aunque es permanente y de alguna consideración, está sujeto a variaciones en relación con las estaciones del año, tales son los de Tiníjaro, Sindurio, y la "Quemada" (fot. 20) en las faldas SE. del cerro de Quinceo y los manantiales del Obispo y de Jesús María de la hacienda de Quinceo y a nivel más bajo el de la Mora (fots. 21 y 22). Unos de ellos brotan en los flancos y extremidades de las corrientes basálticas, derrames del cráter denominado Las Tetas de Quinceo; y los demás, en el contacto de los mismos basaltos con los diques andesíticos, como pasa en el de Jesús María, al pie del cerro de Quinceo.

*Cúmulos.* Finalmente, en el que pudiéramos llamar quinto grupo de aguas subterráneas con que cuenta el valle, tenemos los pozos perforados al SE. de la ciudad en las pintorescas granjas del parque Cuauhtémoc o de San Pedro, como a 500 metros de la margen derecha del río Chiquito, que se alimenta de la filtración que del cauce se verifica lateralmente a través de los aluviones y arenas. Como la diferencia de nivel entre el lugar perforado y el lecho del río es corta, el agua se encuentra a poca profundidad; pero no proviene de la profundidad ni tiene presión hidrostática.

En resumen, podemos dividir las aguas subterráneas del valle de Morelia en los siguientes grupos:

A). Aguas que circulan en las dia-

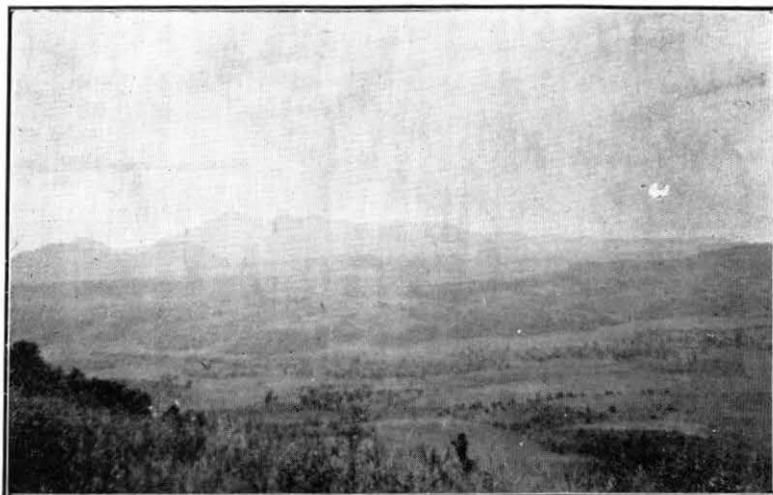


Fotografía número 13. Cascada del Molino de los Filtros.

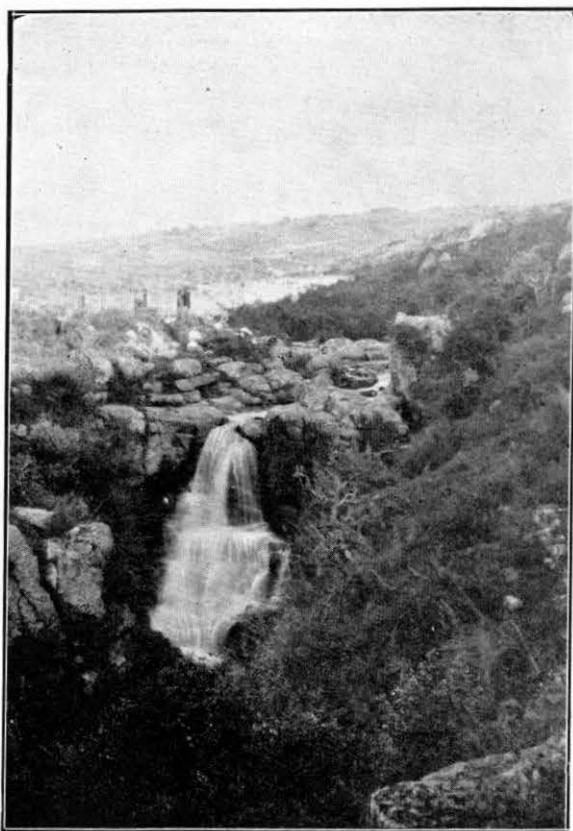


Fotografía número 14. El río Grande de Morelia, enfrente de Sacapendo.





Fotografía número 11. El Valle de Cuto.



Fotografía número 12. Un salto del arroyo de Santa María.



clases de las riolitas compactas de los cerros de Atécuaro y Azul (cuenca hidrográfica del río Chiquito) y que se distribuyen en tres planos de distintas alturas, lo que demuestra su independencia hidrostática, es decir, que existen varios sistemas de diaclasas formando cada uno un receptáculo acuífero independiente de los demás. Esta independencia queda justificada no solamente porque a cada línea de manantiales, que sensiblemente corresponde a una línea de nivel topográfico, le sirve de lecho inferior una zona de kaolinización del material riolítico, sino que la causa que considero más eficiente para producir este resultado, es la tectónica de la región; efectivamente, a 393 M. y 200 M. de altura sobre la ciudad de Morelia se localizan los manantiales en línea de falla, así pues, hidrológicamente, las paraclasas de la región tienen un doble papel: 1.º, facilitan la salida de las aguas freáticas que circulan en los sistemas de diaclasas, ofreciendo el alto de las fallas un obstáculo impermeable a la circulación hacia abajo; y en combinación con los efectos de la erosión en estas fallas conformes o normales, se producen los manantiales de San Pedro, del Molino, Agua Azul, Peña de la Pitahaya, Rebello, etc., etc.; y 2.º, las mismas paraclasas son el sitio de circulación subterránea de las aguas termales que vienen de la profundidad y que clasificamos en el grupo (B), al que pertenecen Coíncho y algunos manantiales insignificantes por su aspecto actual, que se alínean en el último salto de las lomas de Santa María: el Fresno y el Retaje.

B). Aguas termales que vienen de la profundidad.

C). Manantiales de aguas termales probablemente de origen volcánico en "El Barreno."

D). Manantiales de aguas frías que aparecen en el contacto de los basaltos con andesitas que forman el esqueleto del cerro de Quinceo y que ya mencionamos.

E). Aguas freáticas que alimentan a poca profundidad los pozos al S. y SE. de la ciudad de Morelia y que provienen de las filtraciones del río Chiquito.

No terminaremos este capítulo sin hacer algunas consideraciones importantes que definen claramente la existencia de un

receptáculo acuífero subterráneo, cuyo abastecimiento es grande y cuya superficie de alimentación está fuera de los límites de la cuenca hidrográfica del río Chiquito y en la que surgen los manantiales más importantes y que hemos clasificado dentro del grupo (A). Estas consideraciones son fáciles de comprender, teniendo en cuenta las observaciones meteorológicas que se refieren a altura, precipitación pluvial o sea el índice pluviométrico, índice de escurrimiento, evaporación física y fisiológica dentro de la cuenca y gasto de los manantiales que surgen en las cabezas de los arroyos permanentes tributarios del río Chiquito. Substituyendo estos valores ya conocidos, en la fórmula hidrológica fundamental (1) de E. Martonne, resulta que la cantidad de agua infiltrada en el subsuelo dentro de la cuenca del río Chiquito es inferior a la cantidad de agua que aparece bajo la forma de manantiales, hecho que induce a creer, con todo fundamento, que la cuenca hidrográfica del río Chiquito no es sino una pequeña parte del área total de infiltración que mantiene el régimen constante y el gasto permanente de dichos manantiales. En efecto, el área de infiltración se extiende a la parte alta de la cuenca del río Grande de Morelia y, por tanto, forman parte de ella los valles de Atécuaro, Coapa, Lagunillas y Huiramba hasta las vertientes del enorme cono volcánico de San Andrés.

Ya en un trabajo anterior (2) el señor ingeniero don Juan D. Villarello demuestra la independencia hidrológica entre el fondo del lago de Pátzcuaro y los manantiales de la cuenca de Zacapu. Es de creerse que el mismo lago no tiene filtraciones que alimenten los manantiales de cerro Azul y de Atécuaro.

El receptáculo acuífero que alimenta los manantiales del grupo (B), en el valle de Morelia, es profundo y su área de infiltración o abastecimiento muy ex-

(1) *Traité de Géographie Physique*, por Emm. Martonne. París, 1912, páginas 353-356.

(2) *Hidrología subterránea de los alrededores de Pátzcuaro*, Estado de Michoacán, por el ingeniero J. D. Villarello, Parergones del Instituto Geológico de México. Tomo II, número 9, páginas 339-362.

tensa; por esta circunstancia no es aplicable la citada fórmula de Martonne; pero el resultado efectivo es un caudal inagotable de aguas subterráneas que pueden captarse en condiciones económicas y ventajosas.

*Obras de captación y conclusiones.* Para resolver la cuestión que el Ejecutivo del Estado de Michoacán ha planteado, y que es el objeto del presente estudio, comenzaremos por discutir las probabilidades de buen éxito que tendría la apertura de uno o varios pozos en el Parque Juárez, de Morelia, es decir, en el alto de la última falla, cuyo plano forman las escarpadas laderas de las lomas de Santa María. Una perforación en ese sitio sería de resultados dudosos para obtener agua artesiana brotante, porque de las condiciones clásicas señaladas por Chamberlain y Schlichter para asegurar la existencia de aguas artesianas brotantes, no tenemos pruebas suficientes. La perforación no atravesaría capas permeables e impermeables en alternancia, sino que después del aluvión y material de acarreo depositado por el río Chiquito, vendrían las tobas basálticas en pequeño espesor y después las tobas riolíticas, semejantes a las de las canteras de Santa María, Santiaguillo y el Zapote; se cortaría a la profundidad el plano de falla que forma el Escarpe o Salto de las laderas de Santa María, y al alcanzarlo, *sólo por un hecho casual*, se encontraría una fractura acuífera de las muchas que cruzan las tobas riolíticas; y aun así sería problemático que el agua subterránea tuviese presión hidrostática para elevarse en columna. Que existen aguas subterráneas con presión hidrostática suficiente para elevarse hasta la superficie del suelo, no lo podemos negar, porque los manantiales de Coíncho son una prueba de ello; pero la perforación sería una empresa aventurada y *sólo es de aconsejarse como una experiencia útil para confirmar nuestras conclusiones.*

Ahora bien, siendo necesario el abastecimiento de aguas potables para la colonia del Parque Juárez, de Morelia, debe considerarse como práctica y económica la apertura de un socavón o galería de filtración en el lugar denominado "Vista

Bella," al pie de las lomas de Santa María. El socavón debe llevar el rumbo S. 60° E. y con esto se conseguirá cortar el mayor número de las diaclasas verticales que ya mencionamos en su lugar y que cruzan a las tobas riolíticas. Si se juzga necesario, se practicarán a la misma altura y con igual rumbo otros socavones en el lugar de las canteras de Santa María, al pie del mismo lomerío y al Oriente del que hemos propuesto en primer lugar; y dejamos indicado para obras semejantes, el sitio llamado del manantial del Fresno. Se labrarán después crueros siguiendo a rumbo las diaclasas acuíferas más importantes cuyos rumbos mencionamos.

La obra de mano es barata en la localidad, no hay necesidad de emplear explosivos, y el ademe es casi nulo, pues las tobas se sostendrán sin necesidad de él. Captada el agua, puede almacenarse en un recipiente que surtirá a la colonia del Parque Juárez con gran abundancia. No está por de más aconsejar el mejoramiento de los baños termales de Coíncho y el Barreno.

#### APENDICE

A. Cálculo de alturas sobre el nivel del mar. (Por C. G. Mijares.) Las alturas que a continuación se expresan han sido determinadas por medio de la fórmula de Babinet:

$$Z = C \frac{B_0 - B}{B_0 + B}, \quad C = 16000 \left[ 1 + \frac{2(t_0 + t)}{1000} \right]$$

en unidades métricas.

Y en la que Z es la diferencia de nivel en metros;  $B_0$ , B, las presiones barométricas corregidas, y  $t_0$  y  $t$  las temperaturas del aire en las estaciones que se consideran.

Se tomó para la ciudad de Morelia la altura de 1,940 M. sobre el nivel del mar, porque según los diversos datos adquiridos por el señor Camacho en su expedición, ésta parece ser la de exactitud mayor.

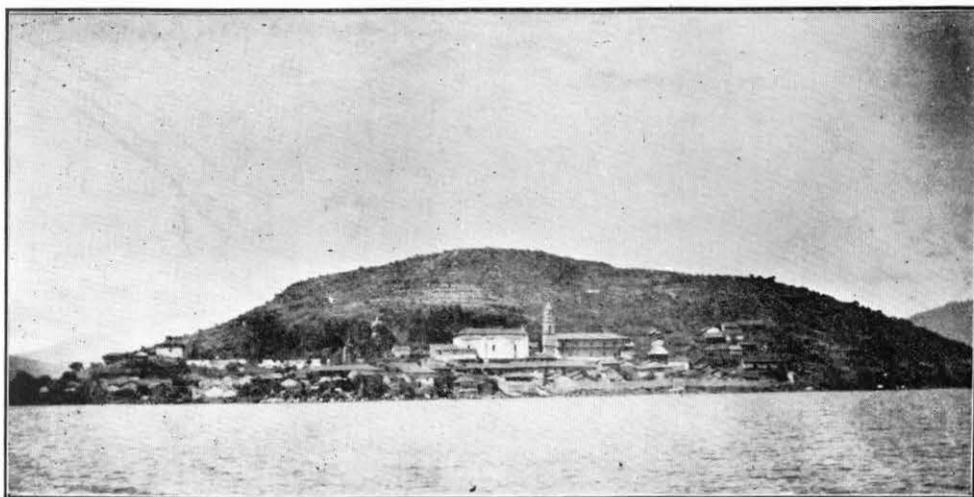
	Metros
Morelia.....	1940.00
Manantial de Rebello.....	2051.00
«Los Filtros».....	2206.33
Manantial de «La Quemada».....	1963.93
Manantial «Jesús María».....	1982.00
Manantial «El Fresno».....	1965.00



Fotografía número 15. La presa cerca de la desembocadura del río Grande.



Fotografía número 16. Isla de San Pedro, en el lago de Pátzcuaro.



Fotografía número 17. Isla de Janicho, en el lago de Pátzcuaro.



	Metros		Metros
Cima del Punhuato.....	2235.90	Hacienda de Coapa.....	2064.00
Parte media del Punhuato.....	2091.30	Pastores.....	2099.65
Cerro Pelón.....	2218.37	Lagunillas.....	2066.00
Santa María.....	2051.59	Fontezuelas.....	2111.40
Falla «Retaje».....	1952.00	Chapultepec.....	2018.34
Cerro de Atécuaro.....	2339.68	Estación de Pátzcuaro.....	2065.28
Hacienda «La Huerta».....	1957.18	Ciudad de Pátzcuaro.....	2104.00
Coíncho.....	1965.34	Lago de Pátzcuaro.....	2056.86
Hacienda del Rincón.....	1963.86		
Hacienda de Quinceo.....	1989.84		

**PERFIL DE MORELIA A PATZCUARO**

Morelia.....	1940.00
«La Huerta».....	1957.18
Monte Rubio.....	1980.00
Km. 389.....	2029.00
Santiago Undameo.....	2052.20

Por juzgarlo de interés para los que hacen uso del aneroide, damos a continuación las tablas de que nos hemos servido para calcular la fórmula anterior.

El argumento es la semisuma de las temperaturas en las dos estaciones que se consideran.

**VALORES DE C**

$\frac{1}{2}(t_0 + t)$	log. C.	C. (metros)	$\frac{1}{2}(t_0 + t)$ g. c.	log. C.	C. (metros)
- 10	4.18639	15360	+ 13	4.22613	16832
- 9	.18820	15424	14	.22778	16896
- 8	.19000	15488	15	.22942	16960
- 7	.19179	15552	16	.23106	17024
- 6	.19357	15616	17	.23269	17088
- 5	.19535	15680	18	.23431	17152
- 4	.19712	15744	19	.23593	17216
- 3	.19888	15808	20	.23754	17280
- 2	.20063	15872	21	.23915	17344
- 1	.20238	15936	22	.24075	17408
0	.20412	16000	23	.24234	17472
+ 1	.20585	16064	24	.24393	17536
2	.20758	16128	25	.24551	17600
3	.20930	16192	26	.24709	17664
4	.21101	16256	27	.24866	17728
5	.21272	16320	28	.25022	17792
6	.21442	16384	29	.25178	17856
7	.21611	16448	30	.25334	17920
8	.21780	16512	31	.25489	17984
9	.21948	16576	32	.25643	18048
10	.22115	16640	33	.25797	18112
11	.22282	16704	34	.25950	18176
12	.22448	16768	35	.25102	18240
			36	.26255	18304

Se deduce del examen de estas tablas que para ejecutar observaciones con precisión, es indispensable un termómetro de gran sensibilidad.

ESTUDIO MICROSCOPICO Y CLASIFICACION DE LAS MUESTRAS DE ROCAS COLECTADAS EN EL VALLE DE MORELIA POR EL SEÑOR DON RODOLFO MARTINEZ QUINTERO

1. Canteras de Santiaguillo. Tobas riolíticas.  
*Mac*: color gris, rojizo sucio con algunas manchas blancas y amarillas.  
*Mic*: Textura fluidal. Masa hemihyalina.  
*Con*: Feno cuarzo.  
*Masa*: Orthoclasa, cuarzo, vidrio, magnetita.  
*Sec*: Hematita, limonita, kaolín.
4. Cerro del Barreno, Basalto.  
*Mac*: La muestra es de color negro y enseña unos pequeños cristales de olivino en una masa muy fina.  
*Mic*: Textura intersertal. *Crist*: Feno: Labradorita (31°) Olivino Augita.  
*Masa*: Labradorita, augita, vidrio, magnetita.  
*Acces*: Magnetita.  
*Sec*: Serpentina (de la descomposición del olivino).
5. Flanco de la Cañada de Huarangareo. *Basalto Olivino*.  
*Mac*: La roca tiene un aspecto basáltico.  
*Mic*: Textura porfirítica. Masa Hyalina.  
*Cont*: Feno Labradorita (29°), Olivino.  
*Acces*: Magnetita, apatita rutilo.  
*Masa*: Labradorita, vidrio, magnetita.  
*Sec*: Hematita, serpentina.
6. Cerro del Punhuato: *Basalto de Olivino*.  
*Mac*: Roca negra y muestra cristales de Olivino en una masa muy fina.  
*Mic*: *Tex*: intersertal. *Cont*: Feno: Labrador (30°) Olivino.  
*Masa*: Labrador, vidrio, magnetita.  
*Acces*: Magnetita.  
*Sec*: Serpentina.
7. Cerro del Punhuato: Basalto. Roca oscura con algunas cavidades y sin cristales aparentes.  
*Mic*: Textura porfirítica. Masa basáltica microlítica.  
*Cont*: Feno: Labradorita (33°) augita y parches de serpentina.  
*Masa*: Labradorita, augita, magnetita.  
*Sec*: Clorita, magnetita. (Señor ingeniero Rafael Orozco.)
8. Riolita alterada.  
*Mac*: La roca tiene un color rojizo, con algunas manchas blancas.  
*Mic*: Textura porfirítica.  
*Cont*: Feno: Cuarzo orthoclasa.  
*Masa*: Limonita, kaolín, magnetita.
9. Cerro de Quinceo. Andesita hipersitena.  
*Mac*: Roca algo oscura, de aspecto porfiroide en cristales de feldespato y de un mineral oscuro.  
*Mic*: Textura porfirítica. Masa microlítica.  
*Cont*: Feno andesina (24°) hipersitena.  
*Masa*: Andesina y algo de vidrio.  
*Acc*: Magnetita.  
*Sec*: Oxido de fierro. (Señor ingeniero Rafael Orozco.)
13. *Cerro de Alécuaro. Andesita*.  
*Mac*: Roca gris con cavidades, manifestando cristales de feldespato y de un mineral oscuro.  
*Mic*: Textura porfirítica. Masa Microlítica.  
*Cont*: Feno andesina, biotita, hornblenda.  
*Masa*: probablemente plagioclasa.  
*Acces*: Magnetita.  
*Sec*: Magnetita y apatita. (Señor ingeniero Rafael Orozco.)
14. Muestra tomada del núcleo de una geoda de las que abundan en las lomas de Santa María, Morelia, Riolita.  
*Mac*: color moreno, pardo y brillo vítreo.
15. *Macros*: Toba riolítica; aparentemente parte de un fragmento arredondado. Una roca de color café rojizo con un anillo rosado claro. Hay fenocristales de feldespato, cuarzo y un mineral oscuro.  
*Parte clara*: *Text. micros*: Porfirítica, masa hyalina, tobácea.  
*Mic*: Constituyentes fenocristalinos; Andesina y hornblenda.  
*Masa*: Vidrio devitrificado parcialmente, similar en textura a la



Fotografía número 18. Diaclasas en las lomas de Santa María.



Fotografía número 19. Diaclasas en Bella Vista, Morelia.

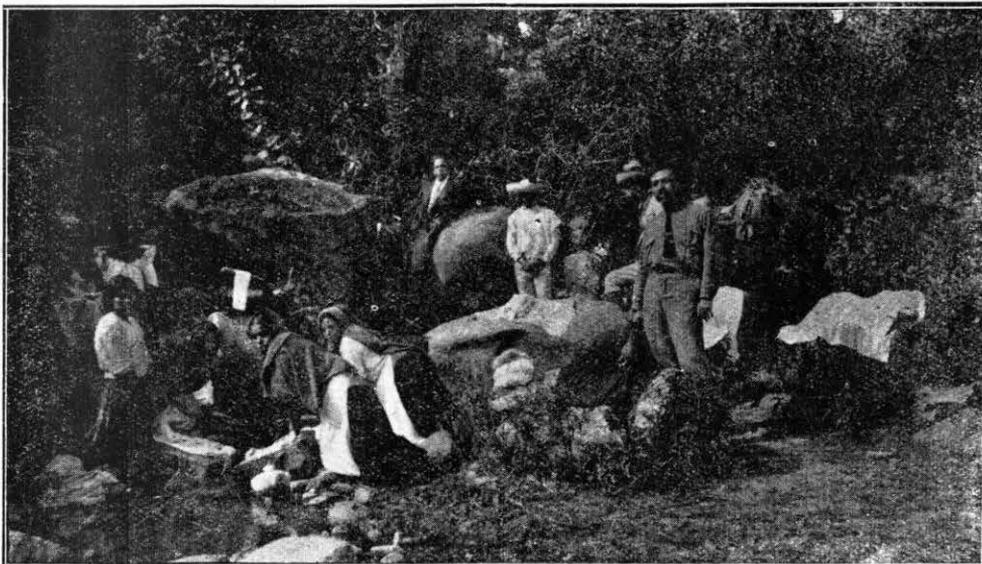




Fotografía número 20. Manantial de La Quemada, rancho de los Egidos.



Fotografía número 21. Manantial del Obispo.



Fotografía número 22. Manantial de Jesús María.



