

SECRETARIA DE FOMENTO, COLONIZACION E INDUSTRIA

BOLETIN  
DEL  
INSTITUTO GEOLOGICO DE MEXICO

NUMERO 28

LAS  
AGUAS SUBTERRANEAS EN EL BORDE MERIDIONAL DE LA CUENCA DE MEXICO

POR EL INGENIERO DE MINAS

JUAN D. VILLARELLO

(Con doce láminas y un croquis geológico)

INFORME SOBRE LAS AGUAS DEL RIO DE LA MAGDALENA

POR

JUAN SALVADOR AGRAZ

Químico en Jefe del Instituto Geológico



MEXICO

IMPRESA Y FOTOTIPIA DE LA SECRETARIA DE FOMENTO

Primera calle de Betlemitas núm. 8

1911

INSTITUTO  
GEOLOGICO DE MEXICO



BOLETIN NUM. 28

SECRETARIA DE FOMENTO, COLONIZACION E INDUSTRIA

INSTITUTO GEOLOGICO DE MEXICO

DIRECTOR: JOSE G. AGUILERA

---

---

LAS AGUAS SUBTERRANEAS

EN EL

BORDE MERIDIONAL DE LA CUENCA DE MEXICO

POR EL INGENIERO DE MINAS

JUAN D. VILLARELLO

(Con 13 láminas)

---

ESTUDIO DE LAS AGUAS DEL RIO DE LA MAGDALENA, DISTRITO FEDERAL

POR EL PROFESOR

JUAN S. AGRAZ



MÉXICO

IMPRESA Y FOTOTIPIA DE LA SECRETARÍA DE FOMENTO  
Primera calle de Betlemitas núm. 8

1911

---

---

LAS AGUAS SUBTERRANEAS  
EN EL  
BORDE MERIDIONAL DE LA CUENCA DE MEXICO

POR EL INGENIERO DE MINAS

JUAN D. VILLARELLO

---

INTRODUCCION

---


La Junta de Vigilancia del río de la Magdalena, del Distrito Federal, considerando conveniente se hiciera el estudio hidrológico de la región en que se hallan los manantiales que alimentan á ese río, á fin de procurar evitar las pérdidas de agua por evaporación ó infiltración, y aumentar su caudal, solicitó de la Secretaría de Fomento me comisionara para hacer el estudio mencionado. El señor Director del Instituto Geológico Nacional, por acuerdo de la Secretaría de Fomento, me nombró para el desempeño de esa comisión; pero deseando que el estudio fuera lo más completo posible, me encargó expedicionara no sólo por los alrededores del río de la Magdalena, sino por toda la parte Sur de la cuenca de México, con objeto de escribir unos apuntes relativos á la hidrología subterránea de toda esa interesante región.

Hace varios años, comisionado por el dueño de la hacienda de Eslava, hice unos estudios semejantes en los terrenos de esa hacienda, y también en una parte del río de la Magdalena; estudios que me servirán ahora para completar estos apuntes relativos á las aguas subterráneas en el borde meridional de la cuenca de México.

Los planos topográficos que he utilizado en mis últimas expediciones por la región mencionada, y que ya ligados constituyen la lámina XIII que acompaña á este escrito, son: el croquis de la Municipalidad de San Angel formado por la Comisión del Catastro, croquis que modifiqué en parte con unos levantamientos que hice en esa zona; y un plano de la región occidental de la Sierra del Ajusco, levantado por los señores Ingenieros Manuel Marroquín y Rivera y Pedro Sánchez.

Terminadas ya mis numerosas excursiones por esas serranías tan intere-

santes para la ciudad de México, porque constituyen la superficie de alimentación de los receptáculos acuíferos subterráneos que abastecerán de agua potable á esta capital, y arregladas ya todas mis observaciones y estudios relativos á la zona mencionada, paso á escribir los siguientes apuntes. Con esto creo dar término á mi difícil cometido, agradeciendo á la Junta de Vigilancia del río de la Magdalena la distinción con la cual se sirvió honrarme, al solicitar me fuera confiada tan importante comisión.



---

---

## FISIOGRAFIA

---

La cuenca de México está limitada al Sur por la sierra del Ajusco, sierra que alcanza con sus picos más elevados la altura de 3,940 metros sobre el nivel del mar, ó sean 1,700 metros sobre la ciudad de México. Este macizo montañoso se extiende del Oriente hacia el Poniente, y se une por este último rumbo con la serranía de las Cruces.

La sierra de las Cruces, que con las de Monte Alto y Monte Bajo limitan por el Sur-Poniente y Poniente á la cuenca de México, tiene como rumbo medio  $20^{\circ}$  al N. W.; y como esa sierra se une con la del Ajusco que es de rumbo medio  $50^{\circ}$  N. W., la zona de unión de estos macizos montañosos tiene un rumbo aproximado del Sur-Poniente hacia el Norte-Oriente, y en esta zona es en donde se hallan las barrancas principales de toda la región. (Véase lám. XIII.)

En la parte Sur-Oeste de la zona de unión mencionada se encuentra el elevado cerro de San Miguel, antiguo volcán andesítico, cuyas faldas hacia el Norte-Oriente están cortadas por barrancas más ó menos paralelas y en partes muy profundas, que descienden con rumbo medio de  $45^{\circ}$  Norte-Oriente. Entre estas barrancas debo citar como principales: la de Huixquilucan, la del Desierto, y la conocida con el nombre de la Magdalena, cortes profundos debidos á la erosión.

Hacia el Poniente, la serranía de las Cruces desciende para el pintoresco y fértil valle de Toluca, de tal suerte que esa sierra constituye la muralla que separa á este valle de la cuenca de México.

Las vertientes de la sierra del Ajusco descienden al Sur para el Estado de Morelos: por Huichilac para Cuernavaca, y por Otlayucan para el valle de Cuautla. Este macizo montañoso establece la división de las aguas superficiales que por el Norte descienden para la cuenca de México, de las que por el Sur bajan para el valle de Cuautla; y el núcleo andesítico de esta misma serranía es la barrera impermeable que separa, como diré después, á las aguas subterráneas que al Norte brotan en parte por los manantiales de Tlalpan y Xochimilco, de las que al Sur salen por los manantiales de Cuernavaca, Fuentes de Chapultepec (E. de Morelos), y Jiutepec.

La serranía del Ajusco hacia el Sur-Oriente se une con la Sierra Nevada, notable esta última por contar entre los elementos que la constituyen al Popocatepetl y al Iztaccihuatl, los cuales elevan sus cimas á la región de las nieves persistentes.

La Sierra Nevada, con rumbo medio Norte-Sur, limita por el Oriente á la cuenca de México separándola del valle de Puebla; y por su enlace con la serranía del Ajusco limita á la misma cuenca por el Sur-Oriente.

La planicie que rodea á la ciudad de México se eleva con muy poca pendiente hasta el pie de las lomas que se hallan al Sur y al Poniente de la cuenca mencionada, pues basta decir que Xochimilco se encuentra arriba de México solamente 1<sup>m</sup>.23, ó sean 3<sup>m</sup>.14 sobre el lago de Texcoco, que es la parte más baja de la referida cuenca. Más al Sur-Oeste y también hacia el Poniente, el terreno se eleva formando un extenso lomerío en el cual se hallan las importantes poblaciones de Tlalpan, Coyoacán, San Angel, Santa Fe, y los pintorescos pueblitos de San Jerónimo, la Magdalena, San Bartolo, etc. De las lomas, más al Sur y al Sur-Poniente, el terreno se levanta con rapidez hasta llegar por una parte á los elevados picos del Ajusco, y por la otra hasta las cimas de la serranía de las Cruces. Las sierras anteriores, tanto la del Ajusco al Sur de la cuenca de México, como la conocida con el nombre de las Cruces al Sur-Poniente de la misma cuenca, están cubiertas en varios lugares por densa vegetación.

En los bordes Sur-Este, y Sur Sur-Oeste de la cuenca de México se hallan las cimas más elevadas, el relieve del terreno es muy accidentado, y esos macizos montañosos constituyen la muralla no interrumpida que forma el límite de esa parte de la cuenca mencionada. En cambio, hacia al Norte y Norte-Poniente de la misma cuenca no existen rápidas pendientes cubiertas de vegetación, sino que el terreno con paisaje monótono se eleva gradualmente, formando colinas de poca altura, hasta confundirse después con las sierras de Atotonilco y Pachuca. Igualmente monótona y sin vegetación se levanta rápidamente la sierrita de Guadalupe al Norte de la ciudad de México. Esta sierrita se deprime al Norte-Poniente, por la cuesta de Barrientos, para levantarse después, más al Norte-Poniente, con el nombre de Sierra de Tepotzotlán, la cual se une á la serranía principal que por el Poniente limita á la cuenca de México. El paisaje monótono, y la falta de vegetación en esta parte de la cuenca mencionada, contrastan notablemente con las pintorescas y rápidas pendientes cubiertas de frondosa arboleda, que constituyen el borde meridional de la gran cuenca de México.

De la Sierra Nevada hacia el Poniente se desprende un contrafuerte bastante extenso, constituido por los cerros Texolotl y el Pino como elementos más importantes, y el cual establece una división de las aguas superficiales, que por el Norte-Poniente bajan para el lago de Texcoco, de las que por el Sur-Este descienden para Chalco y Xochimilco. Interrumpen también por el Este y Sur á la planicie que rodea á la ciudad de México

varias colinas y cerros aislados, entre los cuales mencionaré los siguientes: el de Chimalhuacán, la sierrita de Santa Catarina, el de Xico, el cerro de la Estrella y el Peñón del Marqués. Por último, al Sur-Poniente de la ciudad de México se encuentra una colina aislada, por muchos títulos notable en la historia antigua y contemporánea, y que es conocida con el nombre de Chapultepec.

Las sierras de Monte Alto y las Cruces, así como la zona de unión de esta última con el macizo montañoso del Ajusco, son muy interesantes, entre otros motivos, porque de esas regiones descienden para la cuenca de México los ríos principales, los de mayor gasto, y los que ocasionaron con sus crecientes las inundaciones que en otros tiempos envolvían á la ciudad de México. Estos ríos descienden del Poniente hacia el Oriente; y los que bajan de la zona de unión entre la serranía de las Cruces y la del Ajusco son de rumbo medio  $45^{\circ}$  N.E., dirección que cambia al llegar á la planicie por la de Poniente á Oriente.

De las sierras de Monte Alto y las Cruces, así como de la zona de unión de esta última con la del Ajusco, descienden para la cuenca de México como principales los siguientes ríos: el de Tlalnepantla, el de los Remedios, el río de los Morales y el de la Magdalena. En cambio, del borde meridional de la cuenca de México sólo descienden los ríos de San Juan de Dios y San Buenaventura, que desaguan en el lago de Xochimilco; y de la parte Sur-Este de la misma cuenca los de Tenango y Tlalmanalco.

Los ríos que descienden de la Sierra Nevada para la cuenca de México, así como los que bajan de la serranía del Ajusco, son de gasto muy pequeño comparados con los ríos y arroyos que para la misma cuenca descienden de las sierras de las Cruces y Monte Alto. Este hecho se ha tratado de explicar de dos maneras: unos dicen que los vientos húmedos del Este al encontrar hacia el Poniente á las sierras de Monte Alto y las Cruces se elevan para salvar ese obstáculo, y esto ocasiona la condensación del vapor de agua, y por lo tanto la lluvia en las faldas orientales de esas sierras. De acuerdo con esta explicación la cantidad de lluvia caída en las vertientes orientales de las sierras de las Cruces y Monte Alto, sería muy superior á la precipitada en las faldas occidentales de la Sierra Nevada, y en las septentrionales de la serranía del Ajusco; y por lo tanto, conforme á esta explicación, los ríos que bajan de estas últimas deben ser de gasto mucho menor que el de los ríos y arroyos que descienden para la cuenca de México del macizo montañoso de las Cruces y Monte Alto. Otra explicación se ha dado á esa notable diferencia en el gasto de los ríos, y es la siguiente. Las rocas que constituyen á las sierras mencionadas, son de permeabilidad muy diferente: las del Ajusco y de una parte de la Sierra Nevada son mucho más permeables que las rocas de las Cruces y Monte Alto; y por lo tanto, la infiltración del agua es también mucho mayor en las primeras sierras. Según esto, á igualdad de precipitación acuosa, la cantidad de agua que descienda superficialmente por las faldas mencionadas del Ajusco y la Sie-



rra Nevada será mucho menor, comparada con la que baja para la planicie de México de las sierras de las Cruces y Monte Alto. De las dos explicaciones anteriores, la primera no está comprobada por los hechos en el caso de que me ocupo; pues aunque es cierto que al elevarse el viento húmedo, para salvar el obstáculo que oponen á su movimiento las sierras elevadas, se condensa una gran parte del vapor de agua que contiene, y cae el agua como lluvia en las vertientes que sirven de obstáculo al viento, en la cuenca de México, parece que esta causa no influye de una manera muy notable en la distribución de las lluvias en las sierras que la limitan. Sobre todo, no existen datos completos pluviométricos que puedan servir de fundamento para asegurar que son mucho más abundantes las lluvias en las sierras del Oeste, que en las del Sur de la cuenca de México. En cambio, la segunda explicación está comprobada por las observaciones y estudios hechos por la "Comisión Hidrográfica del Valle de México," según las cuales puede decirse que: en los meses más lluviosos la infiltración del agua en la sierra de las Cruces es mucho menor que en la del Ajusco. En vista de esto, yo creo que la notable diferencia en el gasto de los ríos mencionados, es debida principalmente á la mayor y más fácil infiltración del agua en la serranía del Ajusco, lo cual ocasiona que el volumen de agua que desciende superficialmente por las vertientes de esta sierra, sea mucho menor que el volumen que baja por los ríos de las sierras de Monte Alto y las Cruces.

En la cresta dentellada de la serranía del Ajusco, figuran como eminencias principales las siguientes. Al Poniente los picos del Aguila, que son los más elevados de la montaña del Ajusco, y que alcanzan alturas de 3,900 y 3,940 metros sobre el nivel del mar. Siguiendo hacia el Oriente se levantan después los cerros: Mezontepec (3,490 metros de altura), Pelado (3,625 metros), del Oyameyo (3,340 metros), del Guarda (3,332 metros), Tetzacatl y Tulmiaqui (3,260 y 3,320 metros respectivamente), y el del Cuautzín (3,457 metros). De estos picos elevados el terreno desciende hacia el Norte, en partes escalonado, para Tlalpan y Xochimilco. En estas vertientes el descenso es interrumpido por varios cerros, muchos de ellos con forma cónica debida á condiciones genéticas, y los cuales hacen bastante accidentado el relieve del terreno en esa región. Entre los cerros situados en las vertientes septentrionales de la serranía del Ajusco puedo mencionar como más importantes á los siguientes: el Xitle (3,133 metros de altura), y después hacia el Oriente, la Magdalena (2,980 metros), Olihean (3,000 metros), Tehuehue, Tzompoli (2,588 metros), Teoca (2,706 metros), Tlmacasco (2,695 metros) y Teuhctli (2,795 metros). De estos cerros hacia Tlalpan y Xochimilco el terreno desciende escalonado por Santa Cecilia y San Lorenzo para Xochimilco; con poca pendiente en lo general, del cerro la Magdalena por San Andrés para Tlalpan, y muy escabroso del Xitle para Contreras y San Angel, por estar toda esta última zona constituida por lava basáltica escoriforme y en partes fraccionada. (Véase lám. XIII.)

Al Sur de los cerros la Magdalena, Olihcan y Tehuehue, al Sur también de los llamados Teoca y Tlamacasco, y entre estos cerros y las vertientes principales del Oyameyo y Cuautzín, se hallan planicies más ó menos grandes, como son la del Ajusco y la de Tulmiaqui. Estas planicies, como se verá después son sumamente interesantes, pues constituyen una superficie de alimentación bastante amplia, de los receptáculos acuíferos subterráneos que desaguan en parte por los manantiales de los alrededores de Xochimilco y Tlalpan.

El pueblo llamado Ajusco está situado en las vertientes septentrionales de la serranía del mismo nombre, y al Norte-Oriente de los picos del Aguila que son los más elevados en la sierra del Ajusco como dije antes. Del pueblo de este último nombre hacia el Este se extiende la planicie arenosa que acabo de mencionar y que está limitada: al Norte, por los cerros andesíticos llamados la Magdalena y Tehuehue; al Sur, por el cerro basáltico del Oyameyo; al Este, por las faldas basálticas y tobosas del cerro del Cuautzín; y al Poniente, por el cerro de Malinale. De esta planicie, que se encuentra á 2,840 metros sobre el nivel del mar, ó sea á 600 metros arriba de la ciudad de México, el terreno desciende hacia el Norte entre los cerros Malinale y la Magdalena para los pueblos San Andrés, San Pedro y Tepepan; y de la misma planicie desciende el terreno por los pueblos de Topilejo y San Mateo (Xalpa) para los de San Lorenzo y Xochimilco. (Véase lámina XIII.)

Del cerro Tlamacasco ya mencionado, el terreno desciende en escalones por Santa Cecilia, San Andrés, San Lucas y San Lorenzo, para Nativitas y Xochimilco; y del mismo cerro hacia el Este el terreno baja con fuerte pendiente para San Bartolo y San Pedro Actopan. Por este último pueblo se unen las faldas orientales del cerro Tlamacasco con las occidentales del cono volcánico llamado Teuhctli, formando la barranca que de Sur á Norte desciende de San Pedro para San Gregorio, lugar este último que está situado en la planicie de Xochimilco, al Oriente del pueblo de este último nombre.

De la sierra del Ajusco hacia el Norte, puede decirse que se desprenden dos contrafuertes andesíticos, en gran parte cubiertos por lavas basálticas, contrafuertes que parecen desempeñar, como diré después, un papel muy interesante en la distribución del agua subterránea que desciende por las vertientes septentrionales de la serranía mencionada. Los contrafuertes á que me refiero son los dos siguientes: el primero se inicia en el cerro Magdalena y se prolonga hasta los cerros de Zacayuca y Zacatepec, en Peña Pobre; y el segundo baja del cerro Tehuehue para la sierrita de Xochitepec, situada al Poniente del pueblo de este último nombre. Estos contrafuertes se inician en las cercanías de la planicie del Ajusco: el primero baja cubierto por material cinerítico ó por basaltos, y aflora de nuevo la andesita al Poniente de Peña Pobre en los cerros de Zacayuca y Zacatepec, los cuales están envueltos por la corriente basáltica, que con el nombre de "pe-

drejal" se extiende al Norte para San Angel y Coyoacán; y el segundo de los contrafuertes andesíticos mencionados, cubierto por basaltos en las cercanías de Xicalco, aparece de nuevo en la sierrita de Xochitepec, rodeado por basaltos tanto al Norte en Tepepan, como al Sur por Xicalco, y al Poniente por el pueblo de San Andrés.

El pie de la sierra del Ajusco está perfectamente limitado hacia el Este, ó sea, del pueblito San Gregorio situado al pie del Teuhctli, para Tepepan al Oriente de Tlalpan. En esta zona el pie de la sierra forma una entrante, la cual está limitada: al Este, por los flancos occidentales del cerro llamado el Teuhctli; al Oeste, por las faldas de la sierrita de Xochitepec; y al Sur, penetra hasta los pueblos de Santa Cruz, Nativitas, San Lorenzo, Santiago Tepalcatlapa y Xochitepec. En toda esta parte, las faldas de la sierra son interrumpidas bruscamente por la planicie que se extiende del pie de la serranía para el pueblo de Xochimilco, como se ve en la lám. 1, fig. 1, que es una fotografía tomada desde las cercanías de Santiago Tepalcatlapa para Xochimilco. En cambio, de Tepepan para Tlalpan, Peña Pobre, Coyoacán y San Angel, la sierra se transforma en un lomerío muy bajo, el cual insensiblemente se va confundiendo con la planicie que baja de Huipulco por Churubusco y de San Angel por Mixcoac para la ciudad de México, razón por la cual el pie de la sierra del Ajusco no queda bien definido por esta región.

Constituída la sierra del Ajusco por rocas de naturaleza distinta y de edad diferente, se comprende que la forma del terreno en distintos lugares tiene que ser desigual también. El núcleo de esta sierra está formado como diré después por una andesita de hornblenda, perteneciente al Mioceno, la cual está cortada, y en muchas partes cubierta por basaltos cuaternarios y recientes, á veces labradoríticos, los cuales á su vez están cubiertos en partes por material cinerítico. Los agentes atmosféricos, que pudieron obrar primero sobre la andesita, antes que esta última fuera cubierta por los basaltos, produjeron cortes más ó menos profundos en esa roca, destruyeron por completo ó casi por completo los cráteres de los volcanes andesíticos, ocasionaron la desintegración de la andesita, y permitieron por último el transporte de este material detrítico y arcilloso que se depositó más abajo sobre las mismas rocas andesíticas. Por la acción de los agentes atmosféricos la fisonomía del terreno fué variando poco á poco, los elementos constitutivos de la serranía andesítica tendieron á la forma redondeada, las cortaduras ó barrancas se hicieron más ó menos profundas, y el relieve del terreno primero casi uniforme se transformó después en muy accidentado. Más tarde, cuando las lavas basálticas escurrieron por las vertientes andesíticas, la forma del terreno se modificó de una manera notable: las depresiones y cortaduras tendieron á desaparecer al ser rellenadas en parte por la lava fluida que escurría; y la superficie andesítica más ó menos redondeada por efecto de la erosión, quedó parcialmente cubierta por basaltos escoriiformes y en parte fraccionados, los cuales accidentaron en gran manera la

superficie del terreno. Algunos picos andesíticos fueron envueltos por las lavas basálticas, y las vertientes de la montaña andesítica quedaron después accidentadas con multitud de conos volcánicos, los cuales transformaron por completo la fisonomía del terreno. Por la estructura diferente de las rocas y por su muy distinta edad, los agentes atmosféricos no han obrado de igual manera sobre la andesita y sobre el basalto, razón por la cual es muy fácil distinguir en el terreno, por su relieve solamente, cuál de las dos rocas constituye á la parte que se observa. Las zonas andesíticas están por lo general muy accidentadas, se encuentran en ellas cortes más ó menos profundos, la forma redonda es la que domina en el relieve del terreno, y los cráteres andesíticos han desaparecido casi por completo. En cambio, las zonas basálticas están menos accidentadas, las barrancas son en ellas muy escasas, la superficie del terreno es escoriácea, y aún se conservan allí los aparatos crateriformes que en gran número se encuentran en las vertientes del macizo montañoso del Ajusco, y por los cuales se verificaron las erupciones basálticas.

En algunos lugares el material detrítico ó el cinerítico se ha depositado en las faldas de los cerros, y también en las depresiones, transformando á estas últimas en planicies; y en todos casos este depósito ha tendido á suavizar el relieve accidentado del terreno.

El sistema hidrográfico superficial es rudimentario en toda la región basáltica de la sierra del Ajusco, ó sea en la parte central y en la oriental de este macizo montañoso. De esta región baja solamente el río San Buenaventura que desagua en el lago de Xochimilco; y aunque en varios lugares de esta zona basáltica de la serranía del Ajusco se inician pequeños arroyos, más abajo desaparecen estos últimos, y el agua se infiltra por las cavidades del basalto que son muy abundantes en esa región. (Véase lámina II, figs. 1 y 2.)

Por el Norte-Poniente, el macizo montañoso del Ajusco desciende hacia la zona de unión que lo liga con la sierra de las Cruces. En la parte Sur-Poniente de esta zona se encuentran los cerros de Monte Alegre, Viborillas, Media Luna, el Cochinito y Cieneguillas, cerros que elevan sus cimas á 3,400 y 3,470 metros sobre el nivel del mar, ó sea á 1,160 y 1,230 metros sobre la ciudad de México. De estos cerros hacia el Norte-Oriente el terreno desciende, cortado por la barranca de la Magdalena desde Cieneguillas hasta la hacienda de la Cañada, y muy accidentado desde Viborillas y Monte Alegre, por la Leona, la Escondida, los Jaballitos y las Canoas, hasta Chichicarpa y hacienda de San Nicolás Eslava. (Véase lám. XIII.)

Al Norte-Poniente de la barranca de la Magdalena se levantan los cerros de San Miguel y los conocidos con el nombre de Montes de la Magdalena, y al Sur-Oriente de la barranca de este nombre se hallan los cerros llamados de San Nicolás. Estos últimos forman un contrafuerte que desciende de los cerros de Media Luna para la hacienda de Eslava, y en el cual se encuentran como puntos más elevados, los cerros de Cehuiloja, Aila,

Tarumba y Acupilco. De estos últimos el terreno desciende con mucha pendiente para la barranca de la Magdalena por el Norte-Poniente; y hacia el Oriente baja también con bastante pendiente, cortado por una serie de barranquillas que descienden primero del Oeste para el Este y después hacia el Norte-Oriente, y de las cuales mencionaré á las llamadas: de Monte Alegre, de la Leona, de la Sepultura, de Atongo, Tlalpuente y Texcalco. El contrafuerte constituido por los cerros de San Nicolás baja hacia el Norte-Oriente, de Acupilco y Texcalco para el Capulín y la hacienda de Eslava. En este descenso el terreno está cortado por las barranquillas del Rincón, Tlachichilpa, las Palmitas y Totolapa.

Tanto los cerros de San Nicolás como los de la Magdalena están constituidos por andesitas de hornblenda é hyperstena; y por lo tanto, según lo que dije antes, es muy accidentado el relieve del terreno en esta zona. El corte más profundo que aquí se observa, corte debido á la erosión, es la barranca de la Magdalena. Se inicia ésta en las faldas de los cerros de Cieneguillas y el Cochinito, y baja de Cieneguillitas por el Ocotál para el Campanario, siguiendo la dirección de Sur á Norte. Hasta el Ocotál la barranca corta al material cinerítico que constituye el revestimiento bastante grueso de los cerros andesíticos de ese lugar, y que son: por el Poniente los de Coaxoaque, y por el Oriente los del Ocotál. Entre este lugar y el Campanario desciende la barranca con poca pendiente, cortando á las andesitas de los cerros del Campanario. Después con mucha pendiente desciende la barranca hacia el Este, del Campanario para el rancho Barranca, siendo en este tramo acantilados los bordes de la cortadura. Desde el rancho que acabo de mencionar hasta la hacienda de la Cañada, la dirección en que desciende la barranca de la Magdalena es de Sur-Poniente á Norte-Oriente, y en la mayor parte de este trayecto es acantilado el borde Norte-Poniente de la misma barranca, como puede verse en la lám. I, fig. 2.

Los cerros de la Magdalena que se levantan, como he dicho, de la barranca del mismo nombre para el Poniente, están cortados por multitud de barranquillas que descienden primero del Oeste para el Este, y después cambian su dirección hacia el Norte-Oriente hasta unirse con la barranca de la Magdalena. (Véase lám. XIII.) Entre estas barranquillas citaré como principales la del Rincón y la de Coajomulco. Hacia el Norte-Oriente los cerros de la Magdalena se transforman en el lomerío, constituido por tobas, que baja de San Bartolo por Tetelpa para San Angel, y de San Bernabé por San Jerónimo para Tizapán, lomerío cortado por multitud de barranquillas que descienden por lo general del Sur-Poniente para el Norte-Oriente.

La barranca de la Magdalena es sin duda el corte más profundo del terreno en esta parte de la zona de unión entre la sierra de las Cruces y el macizo montañoso del Ajusco; pero también es muy accidentado el terreno, como dije ya, en la parte oriental de los cerros de San Nicolás, parte en la cual se encuentra el límite de la formación basáltica, como se verá más ade-

lante. En las cercanías de este lindero el terreno desciende escalonado: de la planicie de Monte Alegre (3,400 metros), por el Tejamanil para la llamada la Escondida (3,010 metros). De esta última y bajando la loma de los Caballitos, se halla la planicie de Rancho Viejo, desde la cual el terreno desciende con poca pendiente, siguiendo las faldas de los cerros las Canoas y el Campamento, por el Tejocote, el Negro, Rincón, San Bartolo y el Gavillero, pequeñas planicies que bajan escalonadas para la hacienda de San Nicolás Eslava (2,520 metros). (Véase lám. XIII.)

Los cerros de San Nicolás están cubiertos por frondosa arboleda, pues la hacienda de Eslava ha procurado explotar el monte con método y gran cuidado, evitando su destrucción, y hasta donde ha sido posible evitando también las grandes quemazones. En cambio, los montes de la Magdalena están casi destruídos, y es urgente su repoblación por los motivos que indicaré más adelante.

El relieve bastante accidentado del terreno en toda la región antes descrita, las frondosas arboledas que se hallan sobre todo en las cercanías de las haciendas de Eslava y la Cañada, los hermosos y variados paisajes que á cada paso se presentan al viajero en esas elevadas serranías, el clima tan agradable y la temperatura siempre fresca en esa zona, así como su cercanía de la ciudad de México, son atractivos todos que hacen ir con frecuencia á multitud de visitantes, los cuales experimentan sensaciones demasiado gratas al discurrir por la interesante y pintoresca región que constituye el borde meridional de la gran cuenca de México.



---

---

## GEOLOGIA DE LA REGION

---

La geología de la región antes descrita es bastante sencilla, y las únicas rocas que allí afloran son eruptivas, ú originadas por la desagregación y la descomposición de estas últimas.

El núcleo del macizo montañoso del Ajusco y de la sierra de las Cruces está constituido por andesita de hornblenda. Esta roca es la más antigua en esa región, y pertenece al Mioceno. Como dije antes, los cráteres por donde tuvieron lugar las erupciones de esta roca han sido destruidos por la erosión; pero puedo mencionar entre estos antiguos volcanes andesíticos de la región al cerro de San Miguel y al del Ajusco. Posteriormente á las erupciones de andesita de hornblenda tuvieron lugar las de andesita de hornblenda é hyperstena, probablemente de principios del Plioceno. Como acompañantes de las andesitas, y emitidas en el período brechógeno de esas erupciones, aparecieron las brechas pomosas que se depositaron en las faldas de las sierras andesíticas. Las brechas, principalmente al pie de las sierras mencionadas, están cubiertas con el producto de la desintegración de ellas mismas. Estos detritus acarreados por el agua y depositados más abajo en forma de estratos irregulares y poco inclinados, cuatro ó seis grados, constituyen las tobas detríticas que son tan abundantes, tanto en el lomerío que se levanta al Sur y Poniente de la cuenca de México, como en el relleno de la misma cuenca.

El período de actividad eruptiva en la región de que me ocupo no terminó en el Plioceno, con las erupciones de las andesitas de hornblenda é hyperstena, que se encuentran en la sierra de las Cruces y en la zona de unión de esta última con el macizo montañoso del Ajusco; sino que después, y con intermitencias no muy grandes, tuvieron lugar entre otras las erupciones basálticas cuaternarias y recientes. Las últimas corrientes de basalto cubrieron tierra vegetal y cerámica de los antiguos indios, lo cual prueba que son muy modernas las últimas erupciones basálticas en esa región.

Las erupciones basálticas fueron acompañadas con abundantes emisiones cineríticas, arenas volcánicas que en forma de montículos se deposita-

ron sobre los basaltos y las andesitas; y que acarreadas después por las aguas se han depositado en lechos delgados y con poca inclinación (véanse láms. III, figs. 1 y 2, y IV, fig. 1) sobre los basaltos y también sobre las andesitas.

Los basaltos mencionados cuaternarios y recientes cortaron y en partes cubrieron á la andesita de hornblenda de la serranía del Ajusco, habiendo verificado sus emisiones eruptivas por aparatos crateriformes situados en las vertientes andesíticas de esa serranía, tanto en las que por el Norte descienden para la cuenca de México, como en las que hacia el Sur bajan para Cuernavaca y el valle de Cuautla, en el Estado de Morelos. Los conos volcánicos formados por las erupciones basálticas constituyen las eminencias más ó menos altas que accidentaron á las vertientes andesíticas de la serranía del Ajusco, cambiando por completo la fisonomía del terreno en toda esa interesante región.

Según lo anterior puede decirse que, el edificio volcánico formado por rocas basálticas cuaternarias y recientes, está apoyado en la serranía del Ajusco sobre la andesita miocénica que constituye el núcleo de ese gran macizo montañoso.

Las andesitas se hallan no solamente en las sierras de las Cruces y del Ajusco, sino que constituyen una gran parte del fondo macizo de la gran cuenca de México. Esto último ha sido comprobado por varias perforaciones al alcanzar con ellas el fondo macizo de la mencionada cuenca.

Los agentes atmosféricos por su acción constante y enérgica sobre las rocas eruptivas antes mencionadas, han ido desagregando y descomponiendo á estas mismas rocas. Por descomposición de las rocas se han formado materias arcillosas que se encuentran "in situ," ó transportadas y depositadas por las aguas en las pequeñas depresiones del terreno ó en las faldas de las sierras, constituyendo un revestimiento más ó menos grueso á la andesita, revestimiento que se encuentra principalmente en varios lugares de lo que he llamado zona de unión entre la sierra de las Cruces y el macizo montañoso del Ajusco. Debido á la desintegración de las rocas eruptivas mencionadas, y al transporte por las aguas del material producido por esa desintegración, se han formado los aluviones y las capas de arcilla más ó menos arenosa, que se encuentran al pie de las serranías mencionadas y también en el relleno de la cuenca de México. En este relleno alternan entre sí los aluviones, arcillas y margas, depósitos en los cuales se encuentran intercaladas capas de arena á diferentes profundidades.

Como se ve, en los párrafos anteriores se encuentra un resumen de la historia geológica de la región que motiva este escrito, pero en el presente caso ese resumen no es suficiente. En efecto, para poderse formar una idea aproximada de la importancia de los receptáculos acuíferos subterráneos, y del modo de circulación de las aguas en el subsuelo de una región; así como, para indicar la permeabilidad relativa de las diferentes rocas que afloran en la misma zona, es necesario conocer principalmente el carácter



físico y la extensión del afloramiento de cada una de estas rocas. Por tal motivo, paso á indicar algunos otros datos geológicos indispensables, para hacer el estudio de la hidrología subterránea en el borde meridional de la cuenca de México.

Muy poco he podido encontrar ya publicado, respecto á la geología é hidrología de la zona de que me ocupo en este escrito; y por lo tanto, sólo mencionaré los dos trabajos siguientes. Las cuencas hidrográficas de los manantiales del Desierto y de los Leones fueron estudiadas desde los puntos de vista geológico é hidrológico por los señores Ingenieros José G. Aguilera y Ezequiel Ordóñez. Este trabajo, tan interesante como detallado, se refiere especialmente á la parte occidental de la zona que he llamado de unión entre el macizo montañoso del Ajusco y la sierra de las Cruces; y como ese trabajo es tan completo, me parece inútil ocuparme de la región de los Leones y el Desierto, conformándome con recomendar la lectura del interesante folleto que cito.<sup>1</sup>

Respecto á la geología é hidrología de los alrededores del río de la Magdalena, y de los terrenos pertenecientes á la hacienda de Eslava, nada he podido encontrar ya publicado. En cambio, del macizo montañoso del Ajusco hay un estudio geológico é hidrológico<sup>2</sup> del cual tomaré solamente algunos datos pluviométricos y de infiltración de las aguas, porque no estoy de acuerdo con muchas de las apreciaciones geológicas é hidrológicas indicadas en ese estudio.

La roca más antigua que se encuentra en el borde meridional de la cuenca de México es la andesita de hornblenda, como dije antes. Esta roca de estructura porfiroide y de color gris ó rojo, aflora en la montaña del Ajusco en varios lugares limitada en todas partes por basaltos, como puede verse en la lámina XIII adjunta á este escrito. Constituye esta andesita miocénica los picos más elevados de esa serranía, como son los del Aguila (3,900 metros), Santo Tomás (3,650), y la Joya (3,640); aflora en los cerros de Mezontepec, la Magdalena, Zacayuca y Zacatepec; así como, en las cercanías de Tehuehue, en la sierrita de Xochitepec, y al Poniente del cerro del Xitle (véase la lám. XIII), en donde es cortado el afloramiento andesítico por los tajos del Ferrocarril Central, en su división México, Cuernavaca y Pacífico. Esta andesita de hornblenda es bastante maciza, se halla muy poco agrietada y el color rojo dominante en ella es debido á la oxidación de la hornblenda.

El macizo de andesita de hornblenda debido á la erupción del Ajusco, constituye desde el Mioceno una muralla que separa el valle de Cuautla de la depresión que fué después la cuenca de México. Las vertientes del macizo andesítico mencionado descienden hacia el Norte para la cuenca ante-

1. José G. Aguilera y Ezequiel Ordóñez.—Las Aguas del Desierto. *Bol. Agr. Min.* Feb. 1895. p. 129-149.

2 M. Marroquín y Rivera y Pedro C. Sánchez. Mémoire sur la chaîne de montagnes de l'Ajusco et le captage de ses eaux souterraines. *Mem. Soc.* "Antonio Alzate." Tomo XV. 1900. p. 167-187.

rior y en este descenso parecen descubrirse actualmente dos contrafuertes. En efecto, los afloramientos de la andesita de hornblenda en las vertientes septentrionales de la serranía del Ajusco, aunque escasos, pueden agruparse sin embargo en dos líneas de rumbo casi Norte-Sur, que son las siguientes. En las cercanías de Tepepan, al Sur, se encuentra la sierrita de Xochitepec, formada por andesita de hornblenda, roca ésta que aflora más al Sur en los alrededores de Tehuehue cerca de la planicie del Ajusco. Este afloramiento está separado de la sierrita de Xochitepec por el escurrimiento basáltico que se halla entre Xicalco y San Mateo Xalpa. (Véase lámina XIII.) En otra línea al Poniente de la anterior, se encuentran de Norte á Sur los afloramientos andesíticos: cerro Zacatepec, cerro Zacayuca, tajos del ferrocarril á Cuernavaca, y cerro Magdalena en la planicie del Ajusco. Está interrumpida la línea que une á estos últimos afloramientos andesíticos: por las corrientes basálticas recientes del Xitle, corrientes que bajan de este cono volcánico para Tlalpan y San Angel, y que rodean á los cerros Zacatepec y Zacayuca; y por el depósito de arenas volcánicas que se extiende del pueblo del Ajusco para el de San Andrés. Entre las dos líneas de afloramientos andesíticos ya mencionadas se encuentran los basaltos de los alrededores de Xicalco y San Andrés. Más al Oriente de la sierrita de Xochitepec no se encuentran afloramientos de andesita. Parece, según lo anterior, que antes de las erupciones de rocas basálticas, que cubrieron á la andesita de hornblenda del Ajusco, y llenaron en parte á las depresiones y cortes existentes entonces en ese macizo montañoso, existían entre otros, dos contrafuertes que de Sur á Norte se desprenden del macizo andesítico, contrafuertes hoy indicados por las dos líneas de afloramientos andesíticos que llamaré: la Magdalena á Zacatepec, y Tehuehue á Xochitepec. Los lugares relativamente más altos de estos dos contrafuertes quedaron á salvo de la invasión basáltica, y son ahora los afloramientos andesíticos que he mencionado. Antes de las erupciones basálticas, los terrenos que hacia el Poniente descenden para la hacienda de Eslava estaban separados por el contrafuerte andesítico La Magdalena á Zacatepec, de la depresión existente de Xicalco para Tlalpan; y esta última quedaba separada por el contrafuerte andesítico Tehuehue á Xochitepec de la depresión existente al Oriente de este contrafuerte. La separación de estas depresiones por los contrafuertes andesíticos mencionados, es de grande importancia como se verá más adelante, cuando me ocupe del estudio de la hidrología subterránea de esta región.

La andesita de hornblenda é hyperstena de estructura porfiroide y de color gris ó rojo cuando está alterada, se halla en la serranía de las Cruces y en la zona de unión de esta última con el macizo montañoso del Ajusco. Esta andesita, probablemente de principios del Plioceno, es la roca cortada por la barranca de la Magdalena; la que constituye á los cerros de este nombre así como á los de San Nicolás; es la roca que se encuentra en los bordes acantilados de la barranca la Magdalena, por el Campanario, el Rincón y

Chalmita; y es la que aflora en casi todos los terrenos de la hacienda de Eslava, desde Viborillas por Monte Alegre, la Leona y Texcalco, para Chichicaspá y el Rincón.

Hacia el Oriente, el afloramiento de la andesita de hornblenda é hyperstena está limitado por las corrientes basálticas, siendo la línea de separación entre estas dos rocas la que pasa por el Rincón San Bartolo y los lugares llamados el Negro, el Tejocote, Rancho Viejo y la Campana. (Véase lámina XIII.) Al Oriente de esta línea se hallan los basaltos producidos por las erupciones del Xitle, y al Oeste de la misma línea se encuentran las andesitas de hornblenda é hyperstena de los cerros: el Rincón, Texcalco, las Canoas, los Caballitos, el Borrego, los Ocotes, Monte Alegre, Viborillas, el Cochinito, Coaxoaque, Cieneguillas, etc.

Hacia el Norte-Oriente, el afloramiento de la andesita de hornblenda é hyperstena está limitado por las tobas que mencionaré más adelante. La línea de separación entre las andesitas y las tobas se extiende de San Nicolás, por la Cañada, para San Bartolo. (Véase lám. XIII.)

En muchos lugares, sobre todo en la parte baja de los cerros de San Nicolás y la Magdalena, con especialidad en los lugares de poca pendiente, la andesita de hornblenda é hyperstena está cubierta con un revestimiento más ó menos grueso de material arcilloso producido por la alteración de la misma roca. Esta arcilla se encuentra unas veces "in situ;" y otras veces, transportada por las aguas y mezclada con arena y tierra vegetal, se halla llenando las depresiones del terreno, ó revistiendo las faldas de poca pendiente en todos los cerros andesíticos de la zona de unión entre las sierras de las Cruces y el Ajusco. Este material arcilloso se encuentra en muchos lugares de la barranca de la Magdalena, en los cerros que bajan de Monte Alegre para la hacienda de Eslava, y de la Cañada para San Bartolo en las cercanías de la línea de separación entre las andesitas y las tobas. En otros lugares, que mencionaré más adelante, la andesita de hornblenda é hyperstena está cubierta por material cinerítico, arenas volcánicas que cubren grandes extensiones andesíticas y también basálticas.

En los lugares en que aflora la andesita de hornblenda é hyperstena, principalmente en los bordes acantilados de la barranca de la Magdalena, en las peñas de Texcalco, etc., se observa que esta roca eruptiva está dispuesta en bancos más ó menos irregulares y cortada por relices. Estos planos de separación, debidos principalmente á causas dinámicas, tienen 80° Norte-Poniente de rumbo, y echado de 75° al Norte-Oriente. Otro sistema de relices, aunque menos desarrollado que el anterior, es de 20° Norte-Oriente de rumbo siendo verticales los relices de este sistema.

En relación con las erupciones andesíticas se encuentran los materiales brechosos y tobosos que se hallan asociados con las andesitas, y que cubren á estas últimas en grandes extensiones, sobre todo en la parte baja de las vertientes de las sierras andesíticas ya mencionadas.

Los materiales fragmentarios, arrojados por los volcanes andesíticos de

esa región, principalmente al final de cada serie de emisiones, constituyeron las brechas y tobas terciarias de origen ígneo, que se depositaron con intervención del agua formando estratos gruesos é imperfectos y con poca pendiente, en las laderas y al pie de las sierras andesíticas. Las brechas de color amarillo ó blanco amarillento, están constituídas por fragmentos de pómez, más ó menos grandes, soldados unos con otros en varios puntos y cimentados por una arcilla ferruginosa muy fina. Estas brechas pomosas en contacto directo con las andesitas y siguiendo la pendiente de estas últimas rocas, bajan de las faldas de las sierras andesíticas para el fondo de la cuenca de México, en el cual se extienden á distancias variables debajo de las tobas detríticas, arcilla, margas, aluviones, etc., que constituyen el relleno del fondo de esta cuenca.

Sobre las brechas y tobas terciarias de origen ígneo, se encuentran tobas pomosas detríticas de grano fino. Estas tobas pleistocénicas son debidas á la desagregación de las brechas anteriores y al transporte de estos detritus verificado por las aguas. Las tobas pleistocénicas se extienden desde las faldas de las sierras hasta el fondo de la cuenca en donde ocupan grandes extensiones. Estas tobas se hallan á veces cubriendo capas bastante gruesas de arena volcánica transportada por el viento y principalmente por el agua, lo cual se observa con especialidad en el lomerío bajo que se halla al pie de la sierra de las Cruces, y sobre todo en los alrededores de Tacubaya y Dolores.

Los materiales brechiformes, tobosos y detríticos antes mencionados se extienden, en la región de que me ocupo, de la línea que pasa por San Nicolás, la Cañada y San Bartolo, para el Norte-Oriente hacia San Angel, Mixcoac y Tacubaya; pasan debajo del "Pedregal de San Angel," y afloran en los alrededores de Tlalpan.

Las erupciones de los basaltos cuaternarios y recientes se efectuaron por muchas bocas volcánicas que existen, como he dicho, en las vertientes del macizo montañoso del Ajusco. En las faldas de esta serranía que hacia el Norte descienden para la cuenca de México, se hallan como cráteres principales y bien conservados los siguientes: cerro Pelado (3,625 metros de altura sobre el nivel del mar), Oyameyo (3,340), Malinale (3,273), Xitle (3,133), Olihcan (3,000), Teuhctli (2,795), etc.

Los basaltos emitidos por los cráteres anteriores formaron conos volcánicos y también extensas corrientes que descendieron hacia el Norte siguiendo las faldas del macizo andesítico. En este descenso se sobrepusieron á veces varias corrientes, como se observa por Xalpa, Xicalco, San Andrés, y entre Xicalco y Teuhctli. (Véase lám. IV, fig. 2.)

El color del basalto es gris, negro agrisado ó negro, á veces con muy poco olivino, pasando á labradorita. La estructura de este basalto es compacta ó ampollosa. Por lo general, el basalto en la cara superior de las corrientes de lava, que se hallan en la serranía del Ajusco, es esponjoso, muy poroso, debido esto al desprendimiento rápido de los gases acompañantes

de la lava en su emisión, y que se separan de ésta durante el enfriamiento violento de la lava escurrida en la superficie del terreno. Cuando el enfriamiento no es tan rápido los gases se desprenden con menor rapidez, y en este caso la estructura del basalto es más ó menos compacta, como se observa á veces en la cara inferior de las mismas corrientes basálticas antes mencionadas.

Las primeras corrientes de lava basáltica escurrieron directamente sobre la andesita en la parte alta y media de las vertientes del Ajusco, y abajo se extendieron sobre las brechas ígneas y sobre las tobas detríticas que se hallan al pie de la serranía. Sobre estas últimas escurrió con especialidad la corriente del Xitle, que es la más moderna, y la cual se extendió por los alrededores de San Angel y Tlalpan, formando lo que se ha llamado Pedregal de San Angel.

En los lugares en que las lavas muy fluidas escurrieron de una manera continua, dejaron canales y á veces conductos subterráneos dentro de las mismas corrientes de lava. Estos conductos bastante irregulares constituyen ahora grutas hasta de cien metros de largo, como son las que se hallan principalmente en el Pedregal de San Angel, y en las vertiente del Ajusco cerca del límite entre el basalto y la andesita de hornblenda é hyperstena de la hacienda de Eslava. Muchas oquedades se encuentran en la superficie de las corrientes basálticas como se ve en la lámina II, figs. 1 y 2; y algunas de estas comunican con las grutas subterráneas que acabo de mencionar. Al caerse las bóvedas que cubren á estos conductos subterráneos, se fracturan los basaltos situados en la parte superior de las mismas grutas; y tanto por esto, como también y principalmente por los esfuerzos de tensión producidos durante el enfriamiento del basalto en la superficie del terreno, se encuentra en varias partes esta roca surcada por multitud de grietas, más ó menos irregulares, que le dan el aspecto fragmentario. (Véase lámina V, fig. 1.)

A veces en la parte superficial de las corrientes de basalto en el Ajusco, se ven curvas concéntricas que indican más ó menos la dirección del escurrimiento de una lava viscosa.

Se comprende en vista de lo anterior, que los basaltos que invadieron y cubren en su mayor parte á las vertientes andesíticas del Ajusco, son: en unos lugares, escoriformes más ó menos compactos; en otros son esponjosos, muy porosos, con muchas oquedades y grutas; y en otros por último, tiene el basalto un aspecto fragmentario, debido á multitud de grietas irregulares que lo surcan en muchas direcciones.

La extensión ocupada por los basaltos es muy grande en la serranía del Ajusco, como puede verse en la lámina XIII adjunta, debiendo advertir que esta roca aflora también mucho más hacia el Oriente y Sur del terreno representado por el croquis en la mencionada lámina XIII.

Las erupciones basálticas estuvieron acompañadas por proyecciones de cenizas y productos triturados. La expulsión de cenizas fué bastante con

siderable y este material transportado por el viento y las corrientes de agua se depositó sobre los basaltos y también sobre las andesitas, como indicaré después. Los productos triturados más ó menos revueltos con las arenas volcánicas fueron en parte sedimentados por el agua constituyendo estratos imperfectos de tobas arenosas, de grano fino, que se hallan apoyadas en varios lugares de las vertientes del Ajusco.

Las arenas volcánicas se depositaron sobre los basaltos formando unas veces montículos como los que se encuentran entre Topilejo y San Mateo Xalpa; y otras veces transportadas por el viento y por las aguas se depositaron en lechos delgados y con poca pendiente sobre los basaltos y también sobre las andesitas. (Véanse láms. III, figs. 1-2 y IV, fig. 1.)

Las arenas y cenizas volcánicas apoyadas sobre los basaltos ocupan una extensión muy grande en las faldas de la serranía del Ajusco, como se ve en la lámina XIII. En efecto, se hallan en toda la planicie del Ajusco y bajan por la falda Norte del cerro Magdalena para San Andrés. En este descenso los lechos delgados de arena (lám. III, fig. 1-2) tienen una pendiente de 20° á 30° hacia el Norte-Oriente. Las arenas mencionadas se prolongan al Sur de la planicie del Ajusco por las faldas de los cerros del Oyameyo, San Francisco y Tuxtepec para las del Guarda, aunque en muchas partes de esta extensión las arenas están cubiertas por una toba arenosa de grano muy fino. Esta toba está constituida, como he dicho, por el material fragmentario arrojado por los cráteres basálticos, material que junto con arena volcánica fué sedimentado por las aguas formando capas más ó menos imperfectas. En la lám. V, fig. 2, fotografía tomada en las cercanías del Guarda, se ve una capa de toba arenosa colocada sobre lechos delgados de arena volcánica los cuales tienen poca pendiente hacia el N. E.

No solamente en las faldas del Ajusco se encuentran depósitos de arena sino también en los cerros de San Miguel y el Arenal, en la parte alta de Lagunillas, y en la barranca de la Magdalena por el lugar llamado el Ocotál. En este último, tanto las faldas de los cerros las Palomas y Coaxoyaque, como las de Cieneguillitas, el Cochinito, etc., están cubiertas por arena en lechos muy delgados y con muy poca inclinación hacia el Oriente. Este revestimiento arenoso, apoyado directamente sobre la andesita de hornblenda é hiperstena, está cortado por la barranca la Magdalena, desde Cieneguillas hasta el Ocotál. En las láms. IV, fig. 1 y VI, fig. 1, pueden verse los lechos delgados de arena á que me refiero. La lám. IV, fig. 1, es una fotografía tomada en la falda oriental del cerro Coaxoyaque, cerca de los manantiales del mismo nombre; y la VI, fig. 1, es una fotografía tomada en el Ocotál, del borde acantilado de la barranca de la Magdalena, en donde está brotando agua que desliza por esa pared para el río de la Magdalena. La arena mencionada, revuelta á veces con arcilla y tierra vegetal, ocupa gran extensión en los alrededores del nacimiento del río de la Magdalena ó sea del Campanario para el Sur y Sur-Oeste principalmente.

Las arenas volcánicas, depositadas en el Ajusco sobre las corrientes de lava basáltica, y sobre la andesita de hornblenda é hyperstena, en los alrededores del Ocotál, forman lechos delgados como he dicho, y á veces alternan lechos de arena de color diferente y también de grano desigual. En la falda Norte del cerro Magdalena, se encuentran escalones sucesivos cubiertos por arena de grano fino y de varios colores.

El material arcilloso producido por la alteración de las rocas volcánicas, mezclado con arena y tierra vegetal, se encuentra depositado sobre el basalto en los pequeños escalones que se hallan en las vertientes del Ajusco, principalmente entre San Lucas Xochimanca, San Andrés Acuayuca, Santa Cecilia, San Salvador Cuautenco, San Pablo Ostotepec, San Bartolo y San Pedro Atocpan. Los mismos materiales se encuentran depositados sobre la andesita de hornblenda é hyperstena en las planicies de Chichicarpa, el Negro, el Tejocote, Rancho Viejo, la Escondida y Monte Alegre; así como en los alrededores de la Cañada, de Coajomulco, del Rincón y de Cieneguillas, en el río la Magdalena.

El fondo macizo de la cuenca de México, hacia el Sur, está constituido por andesita de hornblenda é hyperstena y andesita de hyperstena. Las erupciones de esta última roca ocurrieron en el Cuaternario y alternaron con las de labradorita y basalto, existiendo á veces transiciones casi insensibles entre la andesita de hyperstena y la labradorita. La andesita de hyperstena, junta á veces con materiales triturados y cineríticos, constituye á varias de las colinas y cerros aislados que se levantan en la planicie de México, como son: el Pino, los de Santa Catarina, Xico, La Estrella, Chapultepec, etc.; y la labradorita se halla entre otros en el cerro de Chimalhuacán.

En vista de los afloramientos de andesita de hyperstena, que acabo de mencionar, roca que constituye á varios cerros que se levantan aislados en la planicie de México; y teniendo en cuenta también los datos proporcionados por algunas de las perforaciones hechas en la ciudad de México, principalmente, puede decirse que, el fondo andesítico de la cuenca mexicana es accidentado, y que en varias partes, la andesita de hyperstena se levanta del fondo formando picachos, de los cuales se hallan algunos totalmente cubiertos con los depósitos lacustres. Estos islotes han sido alcanzados á poca profundidad relativamente por varias perforaciones, entre las cuales puedo citar algunas en la Penitenciaría, y una en la Escuela Nacional Preparatoria.

Sobre el fondo andesítico de la cuenca, y principalmente en las cercanías de los bordes occidental y meridional de la misma cuenca, se apoyan directamente en la andesita las brechas volcánicas y las tobas detríticas antes mencionadas. Intercalados en estas tobas se encuentran en varios lugares bancos poderosos de aluvión, constituido por cantos gruesos de andesita de hyperstena principalmente.

Las brechas volcánicas terciarias, se extienden á distancias variables

de los bordes andesíticos para el fondo de la cuenca; y las tobas detríticas van siendo más arcillosas á medida que se hallan más al centro de la cuenca, pues en estos lugares se depositaban mezcladas con el lodo del antiguo lago que cubría á la referida depresión.

Sobre las brechas y tobas pomosas antes mencionadas, se encuentran: margas, arcillas margosas, arcillas, aluviones y arenas, materiales que desde el Plioceno comenzaron á depositarse en el fondo de la cuenca de México, y que constituyen el relleno de esta misma cuenca.

En las partes profundas de la cuenca de México, sobre las tobas, á veces arcillosas ó arenosas, se hallan margas arcillosas de color azulado, amarillento ó verde por lo general; y entre las margas hay capitas de arena, ó aluviones formados por matatenas de andesita. Encima de las capas anteriores hay arcillas margosas y arenosas y margas arcillosas de color blanco rosado, gris ó negro, sobre los cuales se encuentran tobas detríticas amarillentas.

Las margas, margas arcillosas, arcillas margosas y arcillas, se hallan en el relleno del fondo de la cuenca de México formando capas de bastante espesor, las cuales alternan entre sí de diferentes maneras; y se hallan en unas partes horizontales, y en otras ligeramente inclinadas hacia el centro de la referida cuenca. Intercalados en las capas anteriores y á diversas profundidades hay depósitos constituídos por arena y matatena de andesita.

El material arcillo-margoso ya mencionado, con sus intercalaciones de arenas, aluviones y tobas detríticas más ó menos arcillosas ó arenosas, ocupa un espesor muy grande en el centro de la cuenca de México, espesor que va disminuyendo al aproximarse al pie de las montañas que forman el límite de esta cuenca. Todo este relleno está interrumpido dentro de la cuenca por las irregularidades del fondo andesítico, eminencias éstas que se levantan más ó menos, aflorando unas en las colinas y cerros aislados que interrumpen la planicie, y quedando otras completamente cubiertas por el material arcillo-margoso de sedimentación lacustre ya mencionada.

A medida que va disminuyendo el espesor del depósito arcillo-margoso al acercarse al pie de las serranías que limitan á la cuenca de México, por el Occidente y el Sur, va aumentando el espesor de las tobas y brechas pomosas que se levantan por las faldas de esas sierras; y aumenta también en muchas partes al acercarse al pie de las mismas serranías, la cantidad de arena volcánica que se halla unas veces debajo de las tobas detríticas, como sucede por Tacubaya y Dolores, ó que está depositada sobre el basalto y las tobas, como se encuentra al Poniente del pueblo Tepepan.

Por último, en el relleno del fondo de la cuenca de México, hacia el Sur-Oriente, se encuentra en varios lugares como producto de la descomposición de plantas, una turba de mala calidad; y en estos lugares, como sucede en las cercanías de Xico, por los pozos brotantes sale el agua acompañada de gas de pantanos en regular cantidad.



---

El bosquejo geológico que antecede, creo que compendia todos los datos geológicos que son necesarios para formarse una idea aproximada acerca de la importancia y modo de circulación de las aguas en el subsuelo de una región; y por lo tanto, sirviéndome de fundamento la ligera descripción anterior, paso á ocuparme de la hidrología subterránea en el borde meridional de la cuenca de México.

