APUNTES PARA LA GEOLOGÍA DEL VALLE DE MÉXICO

POR EL SEÑOR INGENIERO

D. GUILLERMO B. Y PUGA.

SOCIO DE NUMERO.

EL PEÑÓN DE LOS BAÑOS.

I

El Peñón de los Baños es un pequeño macizo eruptivo que se halla á cuatro kilómetros al E. de la ciudad de México, en la parte del Valle menos accidentada y en una de las más deprimidas: separado de la ciudad este cerro, ó más propiamente, esa agrupación de peñas, por los extensos llanos de San Lázaro, su masa se destaca á una altura de 54^{m} próximamente, predominando sobre el terreno que en una extensión de 6 kilómetros á la redonda no presenta el menor accidente: esta circunstancia y la de tener casi en todas direcciones flancos escarpados y pedregosos, contribuyen en gran parte para darle un aspecto particular.

La forma general que afecta es la de una masa arredondada, más ó menos alargada en el sentido del Oriente al Poniente, iniciándose en sus lados Norte y Sur, *talwegs*, que separan dos formaciones distintas. Por cualquier lado que se observe, se encontrará que se halla terminado por gruesas rocas que forman acantilados de gran elevación ó picachos más ó menos sobresalientes, formando en su conjunto una masa de superficie demasiado irregular, cuyo acceso, no obstante su poca altura, presenta en algunos puntos serias dificultades.

1 Recuérdense los hipnotizadores de Luys y de Charcot.

Ya en otra vez hemos tenido oportunidad de hacer la descripción de un pequeño cerro[1] de solo 45 metros de altura, y que no obstante, es enteramente inaccesible por uno de sus lados; esto es, el cerro del Risco ó de la Calavera, que se halla al Oriente de la Sierra de Guadalupe y que presenta mucha semejanza en su formación con el que ahora describimos.

Fácilmente se puede ver en la fotografía adjunta, que fué tomada desde un punto que se halla al S. del Peñón, que son de considerarse dos partes distintas en su configuración, una hacia el Poniente, que en la fotografía queda á la izquierda del observador, y la otra hacia el Oriente, que está en el lado opuesto: como se verá más adelante, éstas corresponden á dos formaciones distintas; la primera es la menos escarpada, la menos irregular y en la que hay pendientes relativamente suaves por donde puede llegarse sin dificultad hasta la cima; es precisamente en este lado, y apoyándose sobre el cerro, donde se encuentra la finca que lleva por nombre Hacienda del Peñón, que sirve como de núcleo al exiguo pueblecillo que forman unos centenares de individuos, cuya sola industria es pescar en las orillas del lago y explotar la piedra, que se emplea en algunas de las construcciones de la Capital. La otra parte, la más oriental, está formada por agrupaciones de rocas durísimas que se presentan en cantos verticales, alcanzando casi la altura total del cerro. En una de esas rocas, de las que se hallan hacia el Sur, es donde se encuentran esculpidas tres grandes alegorías aztecas que, según la leyenda, representan el resultado de los ataques que los mexicanos tuvieron que dar para apoderarse de la isla que en aquel tiempo formaba el Peñón en el centro del lago de Texcoco, y donde se había refugiado un señor azteca que quiso desconocer á su emperador.

Estas tres alegorías ó jeroglíficos, aparte de su interés histórico que ya es bien conocido, tienen en nuestro concepto una doble importancia, y es la de demostrar cómo los primeros moradores de la gran Tenoxtitlán no solo podían labrar en piedra sus ídolos y amuletos, sino que confeccionaban verdaderos bajo-relieves, que aparte de dar idea de sus sentimientos más ó menos artísticos, nos indican que deben haber poseído instrumentos durísimos con que poder labrarlos, y que seguramente no eran de obsidiana como se supone, la cual por su naturaleza es quebradiza; pudiendo solo servir como de arma ofensiva contra los animales y el hombre mismo, gracias á los filos que su misma textura le da al romperse.

Para concluir con la parte relativa al aspecto y configuración del Peñón, solo diremos que en verdad no es de los lugares que presentan mejores paisajes, sino antes por lo contrario, un panorama bien triste, donde hace falta la vegetación; donde la vista no encuentra más que la extensa llanura de tierra blanquísima sobre la que el *caliche* y el tequezquite le disputan los menores rincones á las exiguas gramas que apenas si pueden, levantan sus tallos unos cuantos centímetros sobre la tierra; y por el lado del cerro, rocas rojas ó ennegrecidas sobre cuyas superficies apenas amarillean algunos líquenes y

1 Sierra de Guadalupe. La Naturaleza, tomo I, segunda serie.

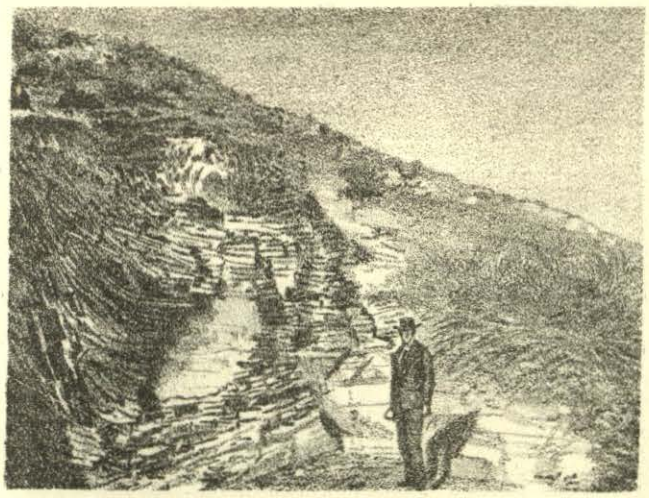
aquí ó allá uno que otro nopal, uno ó dos perúes, que son los individuos que forman toda aquella vegetación; y estamos seguros que si no fuera por la existencia en aquellos sitios de las fuentes termales, cuyas propiedades medicinales han hecho se forme allí un lugar de recreo y de distracción, no sería más de un páramo donde si acaso apenas vivirían las avecillas que buscan por aquel paraje su alimento en los moscos que pululan en enjambres llevados por el viento de un punto á otro; eligiendo siempre las anfractuosidades de las rocas para depositar en lugar seguro sus huevezuelos, que por millares y en cierta época del año cubren grandes superficies.

II

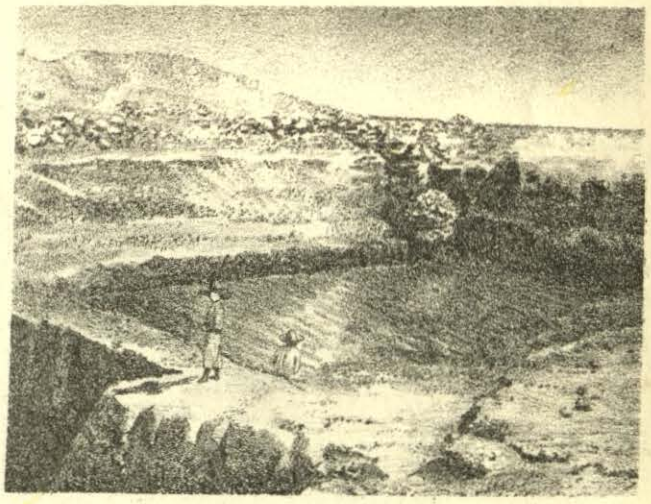
El origen del Peñón es enteramente volcánico, pues ya dijimos al principio que se puede considerar como un macizo eruptivo que brotó en el interior del Valle al través de las capas sedimentarias que lo forman: á esta circunstancia y á la de haber aparecido probablemente en un período geológico en el que predominaban las lluvias, se debe sin duda, que en su derredor se hayan abierto paso numerosos manantiales de agua termal, cuya temperatura y poder incrustante han formado en torno de las rocas ígneas un terreno de considerable extensión y todo constituido por la precipitación de las sales disueltas en el agua ó por las sustituciones provocadas en las reacciones químicas de aquel vehículo al ponerse en contacto con los cuerpos y rocas de la superficie.

Para referir el Peñón á alguno de los muchos sistemas eruptivos que se encuentran en el Valle, basta comparar los caracteres de las rocas que lo forman con los de los demás macizos, para cerciorarse que seguramente debe referirse á la época en que tuvo lugar la aparición de las montañas que forman la cordillera del Tepeyac y la mayor parte de las que se hallan al E. de la Sierra de Guadalupe, entre las cuales se encuentran: Cerro Gordo, Cerro de la Cruz ó de San Cristóbal, Cerro de la Calavera ó del Risco y otros. En efecto, las rocas que constituyen al Tepeyac, al Risco, etc., son enteramente las mismas que las que forman al Peñón; y no solo, sino que las primeras se encuentran rodeadas, como en éste, por una formación de toba caliza que sin duda debe su origen á los mismos fenómenos termo-químicos.

Desgraciadamente la activa sedimentación que tiene lugar en el fondo de los lagos ha depositado en todo el Valle de México, durante la época reciente, gruesas capas que en su conjunto alcanzan espesores que pasan de 300 metros, cubriendo por completo las rocas, en medio de las cuales aparecieron las ígneas que estudiamos; en consecuencia, no se puede fijar con exactitud la época ó el período en que aparecieron las emisiones

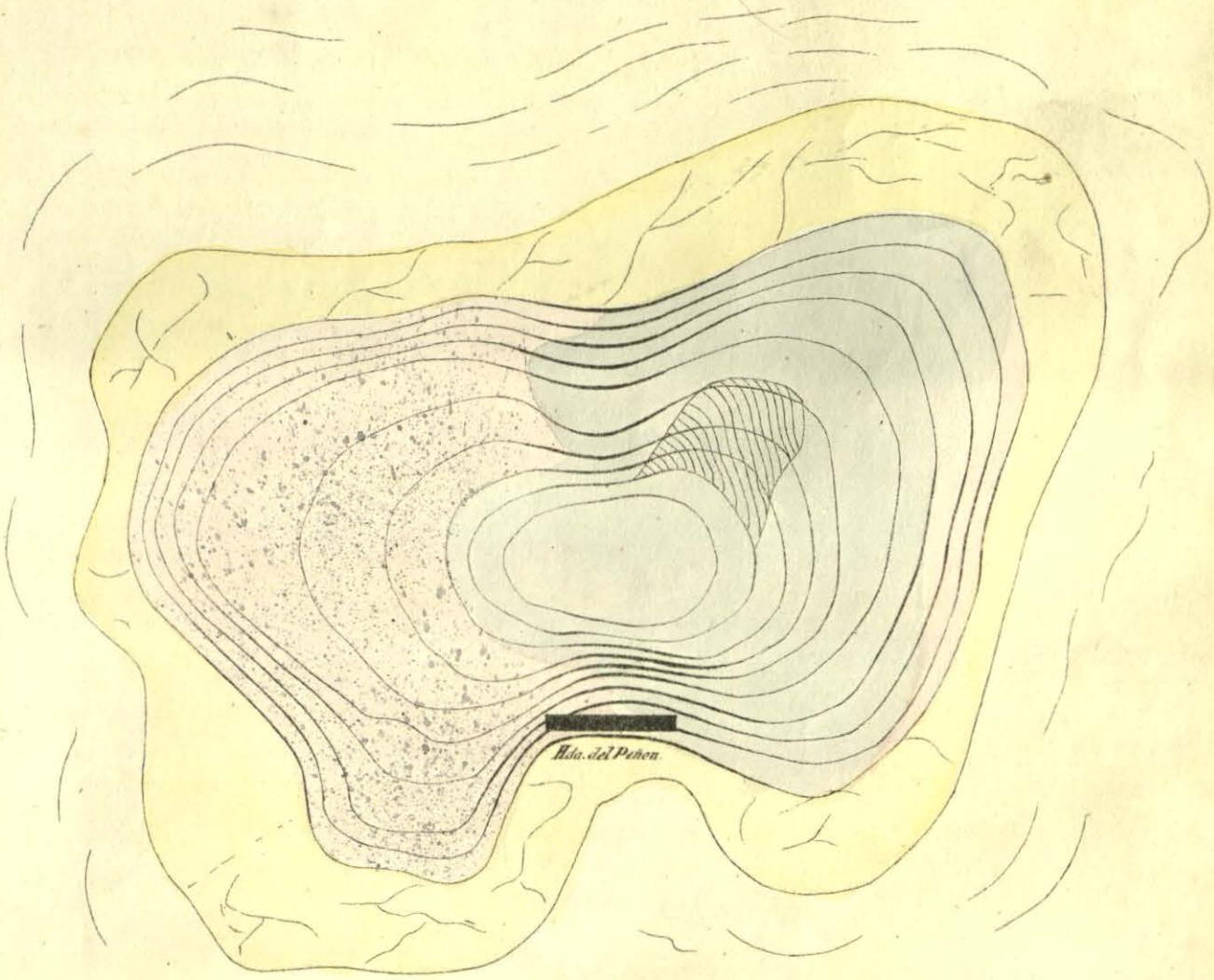


Lajas de basalto al N.E.



Manantial al N. del Peñon.

CROQUIS GEOLOGICO DEL PEÑON DE LOS BAÑOS



Retinita Andesítica — Basalto negro en lajas. — Conglomerado volcánico — Basalto negro que pasa á rojo por alter.ⁿ — Tobas en las que predomina la caliza — Tobas en las que predomina la arcilla — Vetas

volcánicas que hoy forman cordilleras ó cerros aislados en el centro del Valle. No obstante, por simples conjeturas y por la relación de aquéllas con las épocas, se ha creído poder fijar la de esas rocas en el tiempo cenozoico, y aun tal vez podría pensarse de que fueron las que inauguraron el período cuaternario en estas regiones; siendo, por lo tanto, muy anteriores á las rocas pertenecientes á otros sistemas, como las del cerro del Pino, de Ayotla, de Teutli, de Santa Catarina ó los Reyes y al pedregal de San Ángel, que deben haber aparecido en plena edad cuaternaria; terminando estos fenómenos en la época reciente con la emisión de lavas por las bocas secundarias del Ajusco y la de cenizas y arenas por el Popocatepetl.

Por lo expuesto, se comprende fácilmente que las rocas que forman al Peñón son exclusivamente de origen interno; y, en efecto, podemos considerar en él dos clases principales de rocas: las primeras pertenecientes á los basaltos, tomando diferentes caracteres, ya sea por las diversas condiciones en que se presentaron ó debido á modificaciones y alteraciones ulteriores en las que ha tomado gran parte la acción del tiempo; y las segundas como un verdadero conglomerado volcánico.

El croquis adjunto representa aproximadamente la distribución de estas rocas: la parte principal, que es la que constituye propiamente el macizo, está formada por una roca compacta muy dura de color negro, que pasa en algunos puntos á rojo, y que con el tiempo se convierte en verdoso, lustre vítreo ó ligeramente resinoso, densidad 2,65, teniendo diseminados en su masa cristales relativamente grandes de sanidino. Vista con el microscopio, tallada en lámina delgada, presenta los caracteres siguientes: una masa sin acción sobre la luz polarizada que la envuelve en todas direcciones, formando la matriz de numerosos microlitos de labrador, acusando una textura fluidal, gruesos cristales de plagioclasas, augita y magnetita en granos muy pequeños y ampliamente diseminados; por el cual conjunto creemos que se le puede considerar como una Retinita rica en feldespatos.

La parte del Poniente se encuentra formada por un conglomerado volcánico, que en el croquis está representado con color rojo; esta roca no es otra cosa que una escorificación de la anterior que acabamos de describir, formando una masa en medio de la cual se encuentran fuertemente adheridos fragmentos irregulares, provenidos de la ruptura de las rocas por el mismo empuje de las masas ígneas. Observada con el microscopio, presenta una masa en la que se encuentran diseminados los mismos elementos que en la anterior, más algunos granos que creemos son granates, por conservar sus tintes rojos, con y sin luz polarizada y que no ejercen ninguna acción sobre los rayos de esta naturaleza.

En algunos puntos están atravesadas estas masas por incrustaciones calizas y de menilia sumamente compactas é irregulares, lo que nos hace pensar que en el momento de formarse estas rocas, vinieron las lavas acompañadas de las emanaciones hidro-termales que hoy caracterizan al Peñón.

El conglomerado que acabamos de describir, forma toda la parte occidental del cerro, encontrándose en algunos puntos surcado por pequeñas corrientes de lava bien caracte-

rizada por su superficie rugosa, que acusa una tendencia á correr de Norte á Sur. Posteriormente á la solidificación de estas rocas y ya sea debido á las contracciones provocadas por el enfriamiento ó á alteraciones originadas por el agua y otros agentes, se han abierto grandes grietas, causando el desprendimiento de enormes masas del conjunto común.

En la parte Norte y casi al pie de las rocas ígneas, cerca del manantial que lleva el nombre de Baño de los Pobres, hemos encontrado un banco irregular y que no guarda ninguna relación con las rocas anteriormente descritas; está formado por una que por su aspecto de conjunto en el microscopio, creemos debe referirse á las traquitas.

Estas rocas, como se sabe, están ampliamente representadas al W. del Valle en las montañas de los Remedios y otras, y forman parte de las ígneas muy anteriores á las que forman el Peñón; por lo cual creemos que el banco á que aludimos debe haber sido arrancado de las profundidades del Valle y sacado á la superficie por el empuje de la erupción que formó al macizo del Peñón.

Entre las numerosas grietas y resquebrajaduras que se han abierto en las rocas, hanse formado diversos productos de derivación, entre los que predomina la arcilla más ó menos impura, con distintos aspectos y coloraciones; pero hay algunas de estas grietas que casi se pueden considerar como verdaderas vetas en las que no ha sido la descomposición de la roca por los agentes atmosféricos la que ha dado los medios para llenarlas, sino que el agua provenida del interior á una elevada temperatura y cargada de diversas substancias, ha ido llenando esos espacios con elementos todos de origen termal; y así es frecuente encontrar vetas en la que predomina el Wad, otras en las que predomina la Aragonita, y por último, algunas en las que la siliza es el elemento predominante. Algunas de ellas se extienden desde las masas del cerro hasta las rocas sedimentarias que lo rodean, predominando en el sentido de S.W. á N. E., sobre todo por el lado N., que fué donde las pudimos observar mejor.

III

Las rocas sedimentarias que rodean por todas partes al Peñón, son de origen exclusivamente químico: en efecto, ya hemos dicho que en la base de la montaña se han abierto paso por entre aquéllas, numerosos manantiales de agua termal cargada de diversas sales que se encuentran disueltas, gracias á la temperatura del agua y á las cantidades de ácido carbónico que contiene; por lo que desde el momento en que el agua sale á la superficie, tanto el enfriamiento como el desprendimiento del ácido carbónico las obliga á precipitarse según el orden de su solubilidad, formando alrededor de las grietas ó perforaciones por donde aparece, un terreno de sedimentación química, compuesto de siliza, caliza, etc.

Las circunstancias exteriores en que se han encontrado estos manantiales, han sido

muy distintas en las diversas épocas que han transcurrido desde su aparición á la actualidad, modificándose, por lo tanto, la clase de los sedimentos y su cantidad. En un principio, las fuentes termales se encontraban bajo las aguas del lago de Texcoco que cubría toda la parte oriental y austral del Valle de México; mezclándose, por lo tanto, el agua termal con la del lago en el mismo momento de aparecer, provocando este solo hecho la inmediata precipitación de las sales menos solubles, que reuniéndose alrededor de su punto de salida, fueron formando un terreno que aumentaba en espesor, desalojando las aguas del lago. Por este motivo y también por la diminución notable de aquéllas, han ido apareciendo alrededor del Peñón pequeñas colinas de inclinación apenas sensible, en medio de las cuales se abren paso hoy día las fuentes que aún existen, presentándose ya, no bajo del agua como en un principio, sino al aire libre; por lo que la sedimentación no se hace inmediatamente, sino poco á poco, según el enfriamiento y abarcando una superficie más extensa, aunque en cambio los depósitos alcancen menor espesor.

La influencia que ha tenido el lago en la distribución de estas tobas, se puede observar perfectamente en los bancos que se extienden hacia el N. E., pues en ellos se observan de trecho en trecho líneas de separación, con rebordes más ó menos salientes que marcan con exactitud las líneas de nivel sucesivas ocupadas por el agua, formando así una serie de escalones circulares cuyo centro está en el cerro.

Si se observan atentamente los diversos bancos de caliza, puede uno convencerse que su espesor, más ó menos considerable, no solo es debido á la acción del tiempo, sino á la mayor energía que en algunos puntos deben haber tenido los fenómenos térmicos, de los cuales hoy solo nos quedan algunos vestigios en las cuatro ó cinco fuentes que existen en torno del Peñón; de manera que si quisiéramos determinar con exactitud la edad ó época de los diversos bancos que se han formado en aquel lugar, tendríamos antes que averiguar la rapidez con que han disminuido las manifestaciones térmicas, haciendo variar las cantidades de sedimentos dejados por sus aguas; pero desgraciadamente para esto no tenemos datos que con seguridad nos marcaran las intermitencias, las variaciones ni la diminución de los manantiales; no pudiendo, por lo tanto, establecer de una manera cierta el tiempo transcurrido desde la formación de dichos bancos. No obstante, hay algunos hechos que quizá podrían servir para sospechar la época más ó menos remota en que se han formado las tobas. Es evidente por los caracteres que presentan, por su composición, su distribución y aun por la separación que hay entre unos bancos y otros por líneas que, como dijimos antes, marcan los diversos niveles que ha ocupado el agua del lago, que todas las tobas silizosas que rodean al Peñón se han formado bajo las aguas del lago, y podemos, por lo tanto, estimar la edad de estas rocas fijándonos en las variaciones sucesivas que ha tenido el volumen de sus aguas.

Las grandes cantidades de agua que contenían antes las diversas cuencas del Valle de México, pero principalmente la del lago de Texcoco, sin duda era debido á que un régimen pluviométrico mucho más activo que el actual, mantenía tanto en las corrientes exteriores como en las subterráneas, un caudal de agua mucho más considerable del que

hoy tiene; pero la diminución de las lluvias á medida que nos alejamos del período diluvial, y las consecuencias de esto, como es la activa evaporación y otras causas entre las cuales se hallan las filtraciones, tienden constantemente á hacer bajar el nivel del lago de una manera notable. Además de esto, á inmediaciones del Peñón el aumento constante del espesor de los bancos de caliza por la sedimentación, ha obligado á las aguas á retirarse, cediéndoles un lugar á los terrenos que paulatinamente se han ido levantando.

Estas variaciones son las que, como dijimos antes, podrán darnos quizá algún indicio sobre la edad más ó menos remota de las tobas, para lo cual podremos valernos de algunos hechos históricos que en cierta manera nos dan idea del volumen que ocupaban antes las aguas. En efecto, hace 300 años, los conquistadores pudieron navegar en bergantines sobre las aguas del lago de Texcoco, cuyo hecho supone una profundidad media cuando menos de tres metros; y precisamente, con muy poca diferencia, es el nivel de una de las líneas de separación entre dos bancos sucesivos, refiriéndola al lecho actual del lago; lo que sin duda nos permite suponer que el banco superior á dicha línea cuando menos tiene de haberse formado unos 300 ó 400 años; y si suponemos que igual tiempo hayan necesitado los demás para su formación, podremos quizá fijar en 900 años el tiempo transcurrido desde la formación de las primeras tobas.

La toba caliza presenta un color gris claro que pasa en algunos puntos á amarillo bajo, dureza variable entre 1 y 6, según que esté más ó menos atravesada por cavidades tubulares ó irregulares cuyas paredes están tapizadas por menilia.

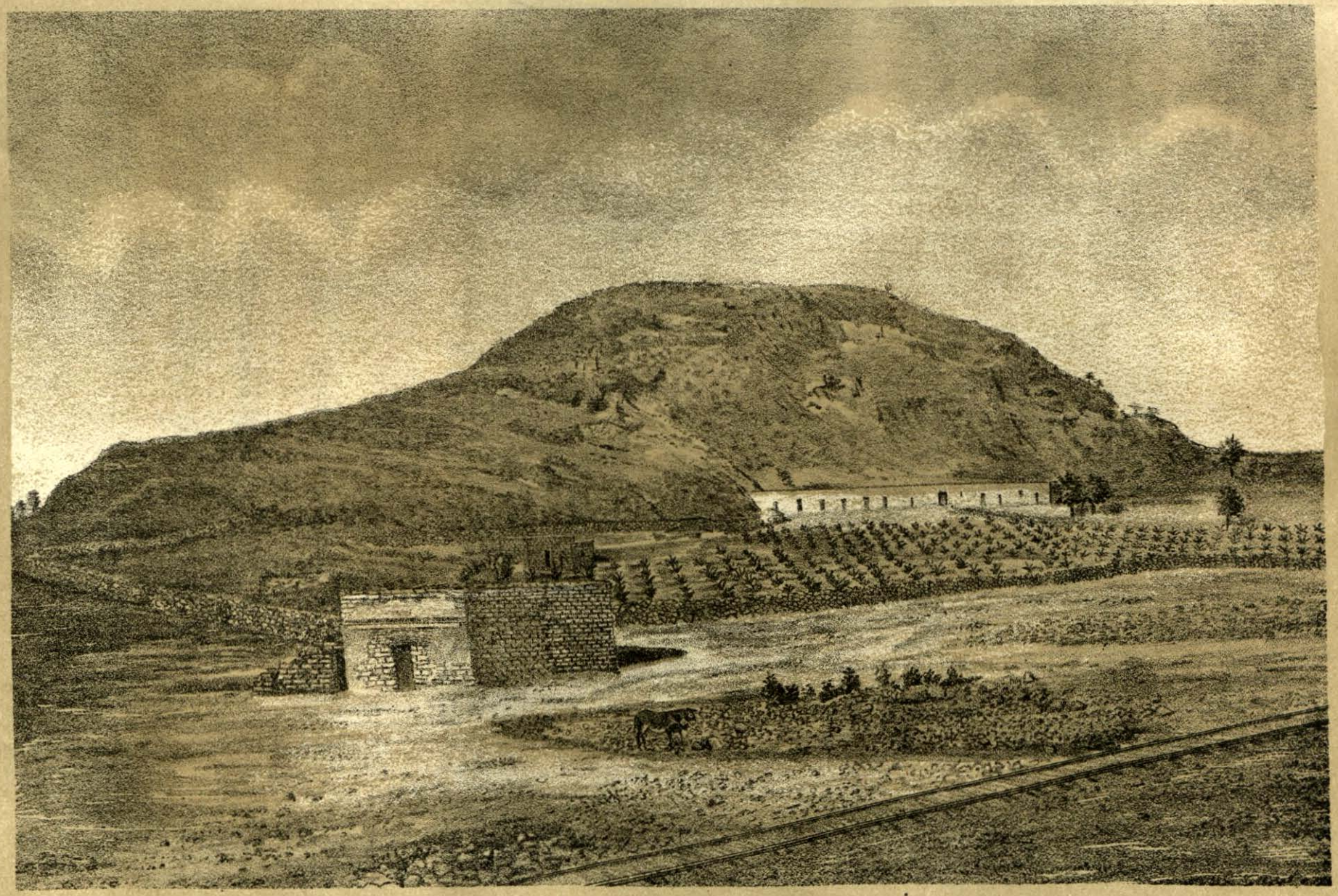
La variedad en que predomina la siliza es mucho más dura, su color es gris azulado y casi toda su masa está formada por concreciones silizosas que le dan extremada tenacidad y dureza: presenta en algunos puntos cintas extensas de menilia.

Es muy común encontrar diseminados sobre esta toba numerosos restos de vegetales y moluscos pequeños de agua dulce, cuyos elementos orgánicos han desaparecido y han quedado sustituidos por caliza ó menilia, conservando su estructura y aspecto exterior: así, por ejemplo, las numerosas *phisas* que se hallan diseminadas sobre estas tobas se encuentran transformadas en menilia, conservando sus circunvoluciones que también las presentan las que se conservan amoldadas sobre la caliza. Es de llamar la atención cómo parecen tener más afinidad los vegetales por la caliza y los animales por la siliza; pues mientras, como dijimos antes, las *phisas* se hallan revestidas ó transformadas en menilia, los tallos y algunos pequeños troncos se encuentran con mayores cantidades de caliza.

Entre estas tobas es donde se encontraron por el Sr. Coronel Obregón un cráneo y otros huesos humanos que se hallaban enteramente revestidos por la toba, conservando su masa intacta y sin modificación en su composición.[1]

La composición especial que tiene esta toba ha permitido que se le explote, dándole diversos usos en la construcción; pero de ellos en el que más se emplea es para extraer la cal por medio de la calcinación en hornos especiales, en los cuales se obtiene un producto que por las proporciones variables que contiene de siliza, se acerca mucho á una cal hidráulica.

1 Véase el hombre fósil del Peñón, por los Sres. Bárcena y Castillo.



El Peñon de los Baños visto por el lado Sur.

IV

Una vez que hemos concluido con enumerar á grandes rasgos las rocas y su distribución, réstanos solo el mencionar los estudios que se han hecho de las aguas del Peñón y las deducciones que se pueden sacar de ellos.

Las análisis de las aguas han sido practicadas, entre otras personas, por el Sr. D. Leopoldo Río de la Loza en 1863, y por el Sr. D. José D. Morales en 1891: la reputación científica de ambos químicos es bien conocida, y por lo tanto, los resultados á que han llegado son dignos de toda fe.

La tabla siguiente contiene ambas análisis.

	Río de la Loza. 1863.	Sr. Morales. 1891.
Aire	6.2	72
Ácido carbónico	63.3	28
Nitrógeno	28.8	
Vapor de agua	1.7	
	100.0	100
	Gramos.	Gramos.
Sulfato de cal	0.0864	0.0403
Fosfato de cal	0.0058	0.0036
Bicarbonato de cal	0.2385	0.3501
,, ,, magnesia	0.7892	0.5096
,, ,, sosa	0.2002	0.1523
,, ,, potasa	0.1250	0.0602
,, ,, fierro	0.0011	0.0010
Cloruro de sodio	0.9875	0.6375
Siliza	0.1620	0.1360
Alúmina	0.0599	0.0294
Manganeso y otros	indicios	indicios
	2.6556	1.9200
Densidad	á 20°C 1.00165	á 18°C 1.00263
Temperatura	44°5	46°

Además de estos datos, he aquí lo que el entendido Sr. Morales dice en su trabajo sobre las aguas del Peñón.[1]

1 «El Estudio,» T. IV, núm. 3.

CARACTERES FISICOS Y ORGANOLEPTICOS.

«Aspecto en el manantial de agua hirviendo, con desprendimiento de burbujas gaseosas.»

«Limpidez completa.»

«Color nulo.»

«Olor nulo.»

«Sabor ligeramente picante y salino.»

«Al tacto no da untuosidad.»

«Reacción al principio ligeramente ácida, después alcalina.»

«Cantidad de materias fijas contenidas, obtenidas por la evaporación de un litro de agua y desecadas á la temperatura de 100°C, 2$^{grs.}$23.»

En el mismo trabajo citado clasifica el Sr. Morales á estas aguas como cloruradas, sódico-carbonatadas, y concluye dicho señor su importante memoria con algunas indicaciones terapéuticas de su uso.

Por nuestra parte, pocas son las observaciones que hemos recogido, concretándonos solamente á tomar algunas temperaturas y á medir la profundidad de algunos de los pozos abiertos cerca del manantial principal.

Manantial principal	temperatura	46.°5
,, ,, del Norte (baño de los pobres)	,,	46.°4
Pozo del cementerio, profundidad 75^{m}	,,	37.°8
,, ,, Horno ,, 60^{m}	,,	37.°9

La profundidad de los pozos y la temperatura con que sale el agua, son datos que permiten fijar con precisión la procedencia del calor de los manantiales. En efecto, si las corrientes subterráneas que alimentan á los manantiales solo debieran su temperatura á la profundidad de donde vienen, encontraríamos, que siendo 17° próximamente la temperatura media de la localidad y 47° la del agua, el exceso de 30° supondría una profundidad de 990^{m}, considerando que en estas regiones se necesita descender en el subsuelo 33 metros para que la temperatura aumente un grado. Es así evidente que la temperatura y composición de estas aguas no es debida á la profundidad de donde vienen, pues además de la consideración anterior, hay que hacer otra, y es que con la temperatura de 47 á 48° no podría el agua disolver todos los elementos que forman su composición. Debemos, por lo tanto, referir estas aguas á las que deben sus elementos minerales y elevada temperatura, á las emanaciones gaseosas y calientes con las que están en contacto directo, las cuales deben desprenderse por las grietas de las rocas, como últimas manifestaciones de la actividad volcánica que provocó la aparición de las retinitas en el Valle de México. Es decir, debemos considerar estas aguas alimentadas por verdaderas *fumarolas*, que si no se manifiestan al exterior, es porque la mayor parte de sus vapores y elementos los dejan disueltos en el agua que atraviesan, pudiéndose observar únicamente el exceso de ácido carbónico que se desprende en grandes burbujas dándole al agua el aspecto de una ebullición activa.

Los gases que forman generalmente el producto de las *fumarolas ó mofetas*, últimos vestigios de la actividad volcánica, son por orden de su abundancia: vapor de agua, ácido clorohídrico, cloruro de sodio, ácido carbónico y algunas veces hidrógeno sulfurado, todos estos productos á una temperatura muy alta. De ahí que las aguas que se encuentran en contacto con ellas, deberán traer en solución, además de esos productos, todos los que resulten de las diversas reacciones químicas provocadas por la temperatura y el contacto de dichos ácidos con las rocas que atraviesan.

Aquellas por donde se abren paso estas emanaciones y el agua, son las mismas retinitas que forman el macizo del Peñón y las rocas sedimentarias que se han depositado en su derredor. Predominando en la retinita los feldespatos, cuya composición, como se sabe, es un silicato de alúmina con diversas sales alcalinas y alcalino-terrosas, se comprende fácilmente cómo dichas emanaciones pueden provocar su descomposición, con los ácidos clorohídrico, carbónico, etc., formar sales solubles de base de potasa, sosa, cal, magnesia y otras, dejando en libertad á la siliza y á la alúmina, que hidratadas y arrastradas por las aguas, salen á la superficie y originan las incrustaciones que le dan á la toba su dureza y tenacidad características.

Podemos, pues, considerar divididos en dos grupos los productos que traen las aguas del Peñón. El primero, productos de origen enteramente interno, y son el ácido carbónico, el cloruro de sodio, el vapor de agua y los vestigios de sulfúrico y fosfórico; y el segundo, productos de descomposición ó formados *à posteriori*, como son los carbonatos, sulfatos, etc., más la siliza y alúmina como residuos de las rocas transformadas.

Una vez hecha esta división y fijándonos en las tablas que manifiestan los resultados de las análisis hechas por los Sres. Río de la Loza y Morales, podremos notar inmediatamente las relaciones siguientes:

	Grs.	
Sulfato de cal	−0.0461	−53
Fosfato de cal	−0.0022	−38
Bicarbonato de cal	+0.1116	+47
,, ,, magnesia	−0.2796	−35
,, ,, sosa	−0.0479	−23
,, ,, potasa	−0.0648	−51
,, ,, fierro	−0.0001	−09
Cloruro de sodio	−0.3500	−35
Siliza	−0.0260	−16
Alúmina	−0.0305	−05

En esta tabla, los números de la primera columna manifiestan la variación en los diversos componentes del agua, precedidos de un signo menos los que han disminuido y de un signo más el único que ha aumentado. La segunda columna presenta el tanto por ciento de la diminución ó aumento según el signo − ó + de que van precedidos.

Por los números anteriores podemos ver desde luego lo siguiente.

Los residuos de la descomposición de las rocas, siliza y alúmina han disminuido.

Los productos de las reacciones químicas sobre las mismas rocas, carbonatos, bicarbonatos, etc., han disminuido también, menos el bicarbonato de cal, que ha aumentado.

Los productos puramente internos, cloruro de sodio, etc., han disminuido.

Todo esto nos indica que la actividad y energía de las fumarolas que alimentan estos manantiales, va decayendo y tienden á transformarse en simples mofetas, lo cual nos explica la mayor cantidad de ácido carbónico que acusa el exceso de bicarbonato de cal, engendrado seguramente, en su mayor parte, al paso de las aguas entre las tobas anteriormente formadas por los mismos manantiales en las épocas de su mayor energía.

No obstante la gran cantidad de ácido carbónico, los bicarbonatos de potasa, sosa y magnesia han disminuido, porque la descomposición de las rocas es mucho menor, como lo acusa la menor cantidad de siliza y alúmina en libertad; el bicarbonato de fierro apenas ha disminuido, y esto es debido á que la mayor parte del óxido existe sin estar en combinación, sino simplemente mezclado y diseminado en las rocas.

Según lo anterior, otro de los elementos que debería disminuir, es la temperatura del agua, y á primera vista parece que, por el contrario, ha aumentado, pues mientras el Sr. Río de la Loza encontró 44°5, el Sr. Morales ha encontrado 46°; pero este aumento es solo aparente y relativo, pues la temperatura del agua puede modificarse según las circunstancias en que se mida; así la experiencia demuestra que según la carga en los manantiales, la profundidad de donde se toma el agua y otras condiciones, pueden hacer variar en un mismo día uno y dos grados á la temperatura.[1] En cambio, hay otros datos que sí nos demuestran claramente que la temperatura ha disminuido, y es las diversas formas en que han precipitado algunas de las sales que traen las aguas en solución; así, por ejemplo, en los primeros bancos de toba es muy común encontrar pequeñas cristalizaciones de aragonita ó caliza rómbica que, como se sabe, solo se forma cuando el carbonato de cal se precipita á una temperatura de 300°, mientras que en la actualidad solo se precipita en estado amorfo; y si acaso suelen encontrarse algunos cristales, además de ser sumamente pequeños, son romboédricos, que es la forma que toma la caliza al precipitarse de un líquido cuya temperatura sea inferior á 100°.

Por todo lo anterior, así como por pertenecer el Peñón al sistema del Tepeyac, no es aventurado suponer que con el transcurso del tiempo los manantiales de este cerro lleguen al estado en que hoy se encuentra el pocito de la ciudad de Guadalupe, el cual seguramente en épocas muy remotas tenía las mismas propiedades que las de las aguas que hoy nos ocupan, al grado de que formaron en derredor de la cordillera del Tepeyac un terreno sedimentario enteramente análogo al que se ha formado alrededor del Peñón.

Diciembre de 1891.

1 Véase «El Estudio,» T. IV, núm. 3, pág. 81.