

INSTITUTO GEOLOGICO DE MEXICO.

DIRECTOR: JOSÉ G. AGUILERA.

ESTUDIO  
DE LA  
HIDROLOGIA INTERNA

DE LOS  
ALREDEDORES DE CADEREYTA MENDEZ,

ESTADO DE QUERETARO,

POR EL INGENIERO DE MINAS

JUAN DE D. VILLARELLO.



MÉXICO

OFICINA TIP. DE LA SECRETARÍA DE FOMENTO

BETLEMITAS NUMERO 8.

1904



---

---

## ESTUDIO DE LA HIDROLOGIA INTERNA

DE LOS ALREDEDORES DE

# CADEREYTA MENDEZ

ESTADO DE QUERÉTARO.

POR EL ING. DE MINAS JUAN D. VILLARELLO.

La ciudad de Cadereyta, cabecera del Distrito y municipio de su nombre, se encuentra en el Estado de Querétaro, á sesenta kilómetros al N.E. de la Capital del Estado. Rodean á la ciudad: los pueblos de Tetillas, Boyé y Palmar; las haciendas de Zituní, Santa Bárbara, Rincón, Ranchito, Quintillé, La Cueva, Tovares; y más distantes se hallan Las Tusas, Nopalera, Los Charcos, El Ciervo y Tunas-blancas. Estas haciendas y los ranchos: La Mesa, Minteje, Boñú, Corral blanco y otros, forman la municipalidad de Cadereyta, la cual se encuentra limitada: al Norte, por la de Vizarrón; al Poniente por las de Tolimán y Bernal; al Sur, por la de Tequisquiapan; y al Este, por el Estado de Hidalgo.

La ciudad de Cadereyta principalmente, y la munici-

palidad toda, hoy recientes la falta de lluvias en dos años pasados; y á la vez que la gente emigra por esa justa causa, los labradores contemplan sus tierras, antes ricas, hoy muertas por escasez de agua, escasez que motiva su desaliento y grandes pérdidas. Causa tristeza, en verdad, recorrer ahora aquella región, y ver las magníficas tierras de la llanura de Cadereyta del todo secas, perdidas por completo las cosechas, muriéndose el ganado, y teniendo la población que hacer uso de las aguas, muchas veces infectas, que se recogen en varios pequeños bordos. Ante esta situación tan desoladora, cuando toda aquella región necesita agua, y con urgencia, cuando el progreso de aquella comarca sólo depende de esta circunstancia, se formó una Compañía, presidida por el señor Cura de Cadereyta, Don Julián Muñoz, é integrada por los hacendados Sres. Baltasar Ugalde y Leopoldo Llaca, Compañía bienhechora que se propuso abrir varios pozos artesianos, los que al dar salida á las aguas subterráneas que se creía existieran en esa región, salvarían las dificultades todas, asegurarían el éxito á la agricultura, y ayudarían al progreso de aquellas poblaciones.

Constituída ya la Compañía á que me refiero, tuvo ésta el buen juicio de acudir en consulta, ante todo al geólogo, para que él, único poseedor de los conocimientos apropiados para el caso, rectificara ó ratificara la creencia entonces existente, acerca de la presencia de aguas subterráneas en aquellas regiones, é indicara, en caso favorable, los puntos mejores para la apertura de los referidos pozos. Con ese motivo fué consultado este Instituto Geológico, que como es sabido, no se dedica tan sólo al estudio de la geología pura, sino también,

y con gran empeño, á las múltiples aplicaciones de esa ciencia, á la geología aplicada, la cual prestará siempre poderosa ayuda, tanto á la agricultura como también á la industria minera.

El Instituto Geológico, con objeto de prestar su valioso auxilio á los hacendados de la región de Cadereyta, y con especialidad á los vecinos de esa ciudad, me favoreció con la comisión de hacer el estudio hidrológico de la zona comprendida en veinte kilómetros alrededor de Cadereyta, ó sea toda la municipalidad de este nombre, y de indicar en su caso la mejor manera de captar las aguas subterráneas. Distinguido con tan honrosa comisión por una parte, y deseoso por otra de cumplimentarla de la mejor manera que me fuera posible, exploré con método, trabajé con empeño, estudié con atención, y para proceder en orden, me ocupé: primero, de la topografía de aquella zona, principalmente de la orografía; estudié en seguida la geología de la región, para dedicarme después á las investigaciones de la hidrología interna ó hidrología dinámica, como la llama Mr. Van den Broeck; y en vista de los estudios anteriores, pude resolver la cuestión tan delicada como complexa que me fué propuesta, y cuya resolución era esperada con verdadero interés y gran entusiasmo por los vecinos de Cadereyta.

Terminados ya mis trabajos, y para dar cuenta de mi difícil cometido, me es grato presentar este estudio, en el que me ocuparé: de la topografía, hidrografía, geología é hidrología dinámica de la municipalidad de Cadereyta, para indicar al fin las conclusiones á que llegué, y que me fué honroso comunicarlas, tanto á los señores miembros de la Compañía mencionada, como á

los vecinos de la simpática población de Cadereyta Méndez.

### *Topografía de la región.*

Pasado el valle de San Juan del Río, y dejando atrás y hacia el Sur, el muy fértil de Tequisquiapan, comienza el ascenso del terreno en muy suave pendiente, plano ligeramente inclinado que se eleva de la hacienda de Santillán para la Mesa de Barrera, situada á 245 metros sobre la referida hacienda. En este plano inclinado se encuentran: las haciendas del Ciervo, Tunas blancas, y los ranchos de Corral blanco, Taxbatá y otros.

De la Mesa de Barrera, y descendiendo 70 metros con fuerte pendiente, se llega á la Ciudad de Cadereyta y al llano del mismo nombre. Este pequeño valle de seis por ocho kilómetros, es enteramente cerrado, y en él se encuentran, además de la ciudad de Cadereyta, las haciendas de Zituní, Santa Bárbara, Rincón, Ranchito, La Cueva, y el rancho de Boñú.

Limitan al valle de Cadereyta: por el Poniente, la Mesa de Barrera, y los cerros de La Magdalena, San Gaspar y La Florida, todos de poca elevación; por el Norte, los cerros de Santa Bárbara; por el Oriente, el cerro Frío, los de El Rincón, el del Ranchito, y el muy elevado cerro Minteje; por el Sur, el cerro de La Cueva, y la Loma Chata.

La Mesa de Barrera, que se extiende del cerro de La Magdalena para la Loma Chata, es la anchurosa muralla que separa al valle de Cadereyta de la planicie inclinada, en la cual se encuentra la hacienda del Ciervo, y forma, por lo mismo, una zona de separación de las aguas pluviales.

De la Mesa de Barrera, bajando hacia el Suroeste, por el nacimiento del arroyo que lleva sus aguas á la hacienda del Ciervo y á la de La Tortuga, se llega á Tetillas, pueblo que se encuentra á las faldas de dos cerros elevados puntiagudos, que motivan ese nombre, y está 40 metros abajo de Cadereyta, ó sea á 110 metros abajo de la Mesa de Barrera.

De la Mesa de Barrera, siguiendo por el cerro de La Magdalena, hacia el Norte, se encuentra un puerto de poca altura sobre Cadereyta, y que une á los cerros antes mencionados con los de La Caja y Santa Bárbara, los cuales, mucho más elevados, cierran, como he dicho, al valle de Cadereyta por la parte Norte.

La Loma Chata, al Sur, y á 50 metros arriba de Cadereyta, tiene una meseta bastante extensa, como la Mesa de Barrera, y se eleva en seguida por la hacienda de Tovares hacia el Sur, para unirse con los cerros de Loveras, bastantes elevados, y que en suave pendiente descienden por Charcón hasta el río de San Juan.

El puerto del Rincón, al Noreste, y á 140 metros arriba de Cadereyta, une á los cerros de Santa Bárbara con los llamados Frío y Cantón, y desciende por el Este al arroyo de San Juan de la Rosa. Este arroyo se encuentra al pie de la elevada serranía de ese nombre, la cual se extiende del cerro Piloncito para los de Vizarrón; y al unirse con los cerros del Rincón, al Oeste del llamado Piloncito, forma una extensa y profunda rinconada que recoge las aguas de San Juan de la Rosa y de las faldas Noreste de los cerros del Rincón.

Hacia el Oriente de Cadereyta se acentúa mucho más el relieve del terreno, pues se eleva éste primero suave-

mente por los cerros del Ranchito, para levantarse rápido, en seguida, hasta el rancho de La Mesa, á 345 metros sobre Cadereyta, y de allí hasta las elevadas cimas del Minteje. Descendiendo de este cerro por su falda oriental, se llega á la hacienda de Las Tuzas, la cual se encuentra en una planicie ligeramente inclinada, y que baja hacia Vizarrón, pueblo que se encuentra á 27 metros sobre Cadereyta, y atrás, ó sea al Noreste de la serranía de San Juan de la Rosa, antes mencionada.

Siguiendo de la hacienda de Las Tuzas hacia el Noreste, se encuentran los cerros de Sombrete, La Yerba buena y Santa Inés, los cuales conducen á la muy elevada serranía del Doctor.

Saliendo de Cadereyta por el Sureste, y después de elevarse el terreno 30 metros en el rancho de Los Espinos, se encuentra un pequeño llano que pertenece al pueblo de Boyé, llano que está al mismo nivel que el de Cadereyta, separado de éste por la pequeña elevación en que se encuentran los ranchos de Boñú y Los Espinos, y también completamente cerrado; pues por el Poniente está separado, como he dicho, del llano de Cadereyta, por el Norte lo limitan las faldas del Minteje, por el Oriente las del cerro del Palmar, y por el Sur los cerros de la hacienda de Quintillé.

Al Oriente del pueblo de Boyé, se encuentra el cerro del Palmar, en cuya falda Norte está el pueblo del mismo nombre, y de aquí el terreno ligeramente accidentado, comienza á descender hasta la barranca acantilada y profunda, cuyo fondo sirve de lecho al río de San Juan. En efecto, del Palmar para el Oriente, se encuentra el cerro Picudo y La Mesa del León, cuyas faldas descienden al río de San Juan; del Palmar para el Sur-



este, dejando al Poniente los llanos de la hacienda de Tovar, el terreno desciende para La Nopalera, hacienda que está 140 metros abajo de Cadereyta; y después, más al Sur, y dejando al Este los cerros elevados del Frontón, y El Colorado, cercanos á la hacienda de Ziquiá, el terreno baja hasta el borde alto de la barranca de Taxhidó, borde que se encuentra á 250 metros abajo de Cadereyta. En este lugar la profundidad de la barranca de San Juan es de 155 metros, y está acantilada en su mayor parte. De la Nopalera para el Sur, el terreno desciende en pendiente suave hasta Patehé, ranchería que se encuentra á 240 metros abajo de Cadereyta; y de esa ranchería, con mayor pendiente, baja el terreno hasta el río de San Juan, que en este punto, ó sea en los manantiales de Patehé, se encuentra á 395 metros abajo de Cadereyta.

Separando los cerros de Quintillé y Tovares, se encuentra la barranca de Huachití, que baja para el río de San Juan, al Poniente de Patehé y nace de una planicie cercana á la Loma Chata.

La anterior descripción topográfica puede resumirse de la siguiente manera: La ciudad de Cadereyta se halla situada en un valle cerrado, que: al Poniente está limitado por las pequeñas elevaciones llamadas cerro de La Magdalena y Mesa de Barrera, de las cuales, y hacia el Oeste, desciende el terreno con suavidad hasta el valle de Tequisquiapan; al Norte, está dominado por los cerros de Santa Bárbara y El Rincón, cuyas faldas hacia el Norte descienden al arroyo de San Juan de la Rosa, en un lugar casi á nivel de Cadereyta; al Oriente lo limita el escarpado cerro Mintejé, cuyas faldas orientales descienden hacia Las Tuzas; y por el Sur

está dominado por la Loma chata. Por lo tanto, el valle de Cadereyta está encerrado en una muralla anular, poco elevada al Poniente y Sur, más elevada al Norte, y muchísimo más al Oriente. De esa muralla para afuera, el terreno desciende por todas partes: con suavidad por el Poniente hasta Tequisquiapan; con menor suavidad y accidentado por el Sur y Sureste, hasta Patohé y Taxhidó, lugares situados en el río de San Juan; y con mucha mayor pendiente por el Este y Norte, hasta Las Tuzas, en la falda oriental del Mintejé, y hasta el arroyo de San Juan de la Rosa, en las faldas de los cerros del Rincón y Santa Bárbara. El cerro Mintejé, uniéndose por una parte con la serranía de San Juan de la Rosa, que hacia el Este baja para Vizarrón, y por otra con los cerros del Piloncito y El Rincón, forma la extensa y profunda rinconada de Velázquez, que se encuentra á 100 metros sobre Cadereyta, y en la cual nace el arroyo de San Juan de la Rosa, que lleva sus aguas para San Pedro Tolimán. Todo el resto de la municipalidad de Cadereyta se encuentra en terreno medianamente accidentado, surcado por barranquillas que llevan las aguas al río de San Juan, y lleno de eminencias, á las veces coronadas por anchurosas mesetas.

#### *Hidrografía de la región.*

Conocida ya la topografía del municipio de Cadereyta, y descrito en pocas palabras el relieve de aquellos terrenos, es bien fácil comprender ahora el movimiento de las aguas pluviales en la superficie rugosa de ese suelo; y su división hasta llegar á los dos ríos, que hacen el drenaje de esa extensa zona.

Encerrado el valle de Cadereyta en una muralla cir-

cular, todas las aguas que se precipitan en ese valle, no tienen ninguna salida, y se infiltran allí ó se reúnen en varios bordos construídos al efecto. Entre éstos se cuentan: los grandes depósitos llamados Las Fuentes, que se hallan en la ciudad de Cadereyta, y la llamada Presa del Llano; los primeros que colectan el agua para los usos domésticos, y la segunda para el ganado, siendo todas estas aguas recogidas por las faldas de la Loma Chata y cerros vecinos. De los cerros de Boyé, se recoge el agua en el bordo de Boñú; las del Mintejú, se reúnen en los bordos del Ranchito; y en general, las aguas precipitadas dentro de este valle, se reúnen en bordos, y se infiltran en su mayor parte.

Por las faldas exteriores de la muralla que rodea á Cadereyta, las aguas descienden del Poniente, Sur y Oriente, para el río de San Juan; y de la parte Norte, por San Pablo, para el río de Tolimán. En efecto, en la Mesa de Barrera, nace el arroyo de Tetillas, que pasa abajo del pueblo de este nombre, y desciende por la hacienda del Ciervo, en donde detiene las aguas la presa llamada La Cruz, y de allí baja el arroyo, por la hacienda de La Tortuga, para el río de San Juan. A este arroyo de Tetillas se unen otros varios, que bajan de los cerros de La Caja, y entre todos hacen el desagüe del plano inclinado que se extiende de la Mesa de Barrera para la hacienda del Ciervo. Por el Sur y el Oriente: los arroyos de Loberas, Huachití, El Palmar, el de Ziquia, y el que nace en la hacienda de Las Tuzas y baja por el cerro Prieto, permiten el desagüe de esa extensa zona que desciende para el río de San Juan, al cual desembocan los arroyos antes mencionados. Por el Norte, las aguas que se precipitan en la rinconada de San

Juan de la Rosa, llamada también de Velázquez; así como la de las faldas de la extensa serranía de San Juan de la Rosa, bajan por el arroyo de este nombre para el río de Tolimán, el cual se une al del Extoraz, y después de un largo rodeo llegan al río Moctezuma, nombre que toma el de San Juan al pasar por el Distrito de Jalpan, también del Estado de Querétaro.

Como se comprenderá por lo dicho anteriormente, sólo los ríos de San Juan, Tolimán y el Extoraz, llevan agua en todo tiempo, aunque sus gastos sean muy variados; y todos los arroyos que he mencionado, son pequeños canales naturales para el desagüe de los terrenos, y sólo llevan agua después de las grandes precipitaciones atmosféricas, encontrándose secos por lo general.

En cuanto á la cantidad de agua que corra por esos ríos, y la que en tiempo de lluvias baje por los arroyos mencionados, nada puedo decir, pues no existen datos numéricos á este respecto ni acerca de la cantidad de lluvia precipitada anualmente en aquella zona, y sólo pude averiguar: que son mucho más frecuentes y considerables las precipitaciones atmosféricas en la serranía de San Juan de la Rosa, y la de Sombrerete que se extiende para el Mineral del Doctor, que en la zona comprendida de las faldas occidentales del cerro Mintejé para las haciendas de Santillán y el Ciervo; es decir, que son mucho mayores las de la zona en que mejor resalta el relieve del terreno, que en la poco accidentada que se extiende de Cadereyta para el Ciervo.

El gasto del río de San Juan es aumentado por varios manantiales, algunos abundantes, que se encuentran en las vegas de ese río, y entre los cuales puedo citar: los de Tequisquiapan, que vierten bastante agua

á la temperatura de 30 grados centígrados; los de Taxhidó, también abundantes, y de los que sale agua á 38 grados; y los de Patehé, poco abundantes, pero cuyas aguas son excesivamente calientes y azufrosas, siendo su temperatura 96 grados. Además de estos manantiales se encuentran otros varios en la región de que me ocupo, como son: los del arroyo de San Juan de la Rosa, cuyas aguas á 14 grados y no muy abundantes, se emplean en el riego de algunas huertas y en los abrevaderos para el ganado; los del pueblo de Tetillas; los de Las Fuentes, en terrenos suburbanos de Cadereyta; y el de la hacienda de Quintillé, todos estos son fríos y de muy poco gasto.

Después de los apuntes anteriores, relativos á la topografía é hidrografía del municipio de Cadereyta Méndez, paso á considerar esa zona desde otro punto de vista, me ocuparé ahora de la geología de la región.

### *Geología de la región.*

Entre las varias aplicaciones de la ciencia geológica á la agricultura y á la higiene, ocupa un lugar muy distinguido y de importancia siempre creciente, la que se refiere á la hidrología interna, ó sea al estudio de las corrientes de aguas subterráneas. Estos estudios serán siempre muy interesantes, en vista de la necesidad cada día mayor de aprovechar esas aguas, tanto en las poblaciones para los usos domésticos, como en la agricultura para su completo desarrollo.

No es ya la varita de madera en equilibrio, ni la vara milagrosa ó adivinadora, las guías que conducen al descubrimiento de las corrientes de aguas subterráneas; no

son ya las plantas que crecen en determinados lugares, los indicios ciertos que nos hagan suponer aguas profundas; no bastan las reglas del abad Paramelle, para investigar las corrientes subterráneas en toda clase de formaciones geológicas; la generalización de las teorías hidrológicas, no debe ser ya la norma de nuestros estudios é investigaciones; y no será bastante, por último, el conocimiento de la topografía é hidrografía de un terreno, para saber el modo de circulación de las aguas en las profundidades del mismo. En cambio, el estudio geológico detallado de una región; la determinación exacta de las relaciones que existan entre las formaciones que la constituyan; el conocimiento de la naturaleza, composición y agrietamiento de las rocas; así como de la inclinación de los estratos, de las inflexiones subterráneas de éstos, de los accidentes tectónicos, etc., permitirán concluir con fundamento y de una manera racional: el modo de circulación subterránea de las aguas, en cada caso particular, y para cada una de las regiones estudiadas. La verdad de mis anteriores aseveraciones, queda plenamente probada con las autorizadas palabras del eminente hidrólogo Ernesto Van den Breck, cuando en el estudio que hizo acerca de los manantiales de Modave, dice: <sup>1</sup> “El estudio de un proyecto de drenaje ó de captación de agua, comprende cuestiones muy diversas. El camino racional consiste: en dirigirse primero á la geología, la cual determina la estructura y relaciones generales de las capas; así como, sus relaciones con los manantiales acuíferos que contengan, lo que permite arreglar cortes racionales de los terrenos,

<sup>1</sup> Bulletin de la Société Belge de Géologie (1890) tomo IV.—P. V. pág. 180.

determinar sus condiciones de permeabilidad ó de impermeabilidad, así como las dificultades que ofrezcan para los trabajos de excavación ó de construcción. Viene en seguida la Hidrología, que precisa las nivelaciones, el fraccionamiento de los manantiales, las cantidades de agua disponibles, el gasto medio y el mínimo. La Química y la Bacteriología deben intervenir en seguida para determinar la composición de las aguas, y las variaciones que puedan presentar periódicamente, y definir si son nocivas ó no, considerándolas desde el punto de vista higiénico. Ya con estos datos adquiridos, es únicamente cuando debe acudir al Ingeniero para que estudie las condiciones de establecimiento más favorables y mejor apropiadas á los datos geológicos é hidrológicos." A las anteriores elocuentes frases, agregaré las siguientes del mismo ilustre autor:<sup>1</sup> "el principio de la diferenciación y distinción de los casos, basada sobre el elemento esencial de los datos geológicos, constituye el fundamento de la hidrología de los terrenos."

Por lo anterior se comprenderá la mucha importancia que tienen los datos geológicos en la resolución de las cuestiones de la hidrología dinámica, y la necesidad de hacer estudios especiales en cada lugar, alejándose de las ideas de unificación, para distinguir los casos, según sean las formaciones geológicas.

En la región de que me ocupo, ó sea en la municipalidad de Cadereyta, se observan dos clases de formaciones geológicas: la eruptiva terciaria, representada por las andesitas, rhyolitas y basaltos; y la sedimentaria meso-cretácica, representada por calizas y pizarras.

<sup>1</sup> Bulletin de la Société Belge de Géologie (1897) tomo XI.—pág. 494.

La formación eruptiva terciaria, se extiende: desde Tequisquiapan, por las haciendas del Ciervo y Santillán, hasta los cerros de Tetillas, la Mesa de Barrera, y la Loma Chata forma el valle de Cadereyta; se levanta por los cerros de Santa Bárbara, el Rincón, Rancho y Minteje, como también por los cerros de La Caja y Pico de Bernal; desciende para el río de San Juan, formando los cerros del Palmar, el Picudo, el Frontón y El Colorado; y continúa por Tecozahutla, para internarse en el Estado de Hidalgo. Esta formación eruptiva, como se ve, forma el suelo de Cadereyta, se levanta por el Noreste hasta los cerros del Rincón y el Minteje; y se extiende por el Poniente para San Juan del Río, por el Noroeste para Bernal, y por el Sur penetra al Estado de Hidalgo en el que muchísimo se prolonga.

La formación sedimentaria cretácica se extiende del cerro Piloncito y serranía de San Juan de la Rosa, al Sur de Vizarrón para Sombrerete, Santa Inés y hasta el Mineral del Doctor. El contacto de esta formación con la eruptiva terciaria, se encuentra al Oeste del arroyo de San Juan de la Rosa, ó sea, en las faldas septentrionales de los cerros del Rincón y Santa Bárbara, los cuales limitan por el Noreste, como he dicho, al valle cerrado de Cadereyta Méndez.

La formación eruptiva se encuentra profundamente cortada por la barranca de San Juan, en el lugar llamado Taxhidó, en el que puede observarse la sucesión de corrientes de rocas eruptivas; y la formación sedimentaria, está también surcada por el arroyo de San Juan de la Rosa, en donde puede estudiarse la estratificación de las calizas y pizarras, así como sus múltiples plegamientos.



Las rocas que constituyen la formación eruptiva, fueron estudiadas al microscopio, y descritas por el Señor Ingeniero Ezequiel Ordóñez, de la siguiente manera:

“*Roca de Taxhidó.*—Compacta, de color negro. Asociación microlítica de labrador y de augita. Raros cristales de labrador y de piroxena. Es Labradorita ó Basalto pobre de olivino.

*Roca de la Mesa de Barrera.*—De color negro pardusco con fenocristales de labrador y de andesita. Magma vitrio con microlitas de oligoclasa de muy pequeño ángulo de extinción, y en estructura fluidal. Cristales de augita y de hiperstena diseminados. Es Andesita de augita y de hiperstena.

*Roca del Cerro Frío.*—De color rojo. El mismo magma que el anterior, sin augita y con numerosos cristales alterados de hiperstena. Es Andesita de hiperstena.

*Roca del Cerro Cantón.*—Como la roca de Taxhidó, sólo que tiene muchos fenocristales de labrador y grandes cristales de augita. Es Labradorita ó Basalto pobre de olivino.

*Roca de La Mesa.*—En lajas de color pardo violado, magma con microlitas de labrador y de augita. Fenocristales de labrador y de augita. Es Labradorita ó Basalto pobre de olivino.

*Roca de la Loma Chata.*—Magnífico tapiz esferolítico con esferolitas de cruz negra, lagunas tapizadas de cuarzo con inclusiones de tablitas de sanidino. Bien formadas litofisas, tapizadas de cristalitos de cuarzo blanco y ametista, tablitas de sanidino y de trydimita. Muy finas y algo alteradas, tablitas de fayalita. Es Rhyolita con litofisas.

*Roca del Cerro Mintejé.*—Como la del Cerro Cantón. Es Labradorita ó Basalto pobre de olivino.”

Además de las rocas eruptivas anteriores, se encuentran en la región: tobas blancas ó amarillentas, y brechas con pómez ú obsidianas, así como retinitas que á las veces surcan á las rhyolitas.

Las rocas anteriores están repartidas en la región de que me ocupo, de la siguiente manera:

El extenso plano inclinado que se levanta de Tequisquiapan para la Mesa de Barrera, al Sur-Poniente de Cadereyta, y que se prolonga por Corral Blanco para Taxbatá y la hacienda de Tunas Blancas, está cubierto en gran parte por la tierra vegetal que descansa sobre las tobas blancas y á veces amarillentas. Estas tobas se encuentran á descubierto en varios lugares de ese plano, y sobre todo en las cercanías de la hacienda del Ciervo y hasta la Mesa de Barrera, así como en el camino de Zituní para Tunas Blancas. En el mismo plano y en las tobas mencionadas, afloran á veces las rhyolitas, como sucede en los potreros de San Agustín, pertenecientes á la hacienda del Ciervo; ó en grandes eminencias se levantan de ese plano las mismas rhyolitas, que por el Norte se encuentran en el esbelto Pico de Bernal, y al Sur en la Loma Chata.

En la Mesa de Barrera, al Suroeste de Cadereyta, se encuentran las andesitas de augita y de hiperstena, compactas y de color negro pardusco, cubiertas en la parte horizontal de esa Mesa, así como en la mayor parte de la falda oriental de la misma elevación, por las tobas blanquizeas ya mencionadas.

De la Mesa de Barrera por la falda occidental, en la cual nace el arroyo de Tetillas, y para los cerros de este nombre, se prolongan las andesitas, las cuales se extienden hasta los cerros de la hacienda del Ciervo. En

la falda occidental de la Mesa de Barrera, así como en los cerros de Tetillas, las andesitas se encuentran en lajas, y en varios lugares están sumamente alteradas.

Por el Norte, se extiende la andesita para el cerro de La Magdalena, desaparece en seguida hajo las tobas que se hallan en la pequeña elevación que une á este cerro con los de Santa Bárbara; y aparece después hacia el Noreste, en el Cerro Frío, perteneciente á la hacienda del Rincón, y en el cual las andesitas son de color rojo y no tienen augita, razón por la que se les clasificó como andesitas de hiperstena.

Por el Sur, las andesitas se interrumpen, y en la Loma Chata aparecen las rhyolitas con litofisas. El contacto entre estas dos rocas, se encuentra casi en el camino de Cadereyta para el Ciervo, al pasar por el puer to de San Diego, muy cercano á Cadereyta, y al Suroeste de esta población.

Las rhyolitas con litofisas, bajan al valle de Cadereyta por el lugar llamado Las Fuentes, y se levantan por la Loma Chata, formándola en su totalidad, para prolongarse hasta los cerros de la hacienda de Tovares, al Sur de Cadereyta.

La andesita se limita por el Norte, al llegar al arroyo de San Juan de la Rosa, en donde se encuentra en contacto con las pizarras arcillosas cretácicas; y por el Oriente concluye en el cerro llamado Cantón, en donde se encuentra en contacto con las labradoritas ó basaltos pobres de olivino; rocas que se extienden para el Este y Sur, y que al Norte están en contacto con las pizarras cretácicas en la barranca de Velázquez. Este es un lugar de suma importancia para los estudios geológicos, pues allí se encuentran contactos de las rocas

eruptivas entre sí, y también con la formación cretácica. En efecto, al Oeste del arroyo de San Juan de la Rosa, ó sea á su margen izquierda, se encuentran: el contacto de la formación cretácica con las labradoritas; y un poco más abajo ó al Norte-Oeste, con las andesitas de hiperstena; así como se observa en ese mismo lugar el contacto de las labradoritas con las andesitas, en el Cerro Cantón, cuyas faldas del Noreste bajan al mismo arroyo de San Juan de la Rosa.

Las labradoritas, ó basaltos pobres de olivino, se extienden del Cerro Cantón, dejando al Noreste el del Piloncito, para La Mesa y el cerro elevado llamado Minteje por cuyas faldas descienden: al Este para la hacienda de las Tuzas; y al Poniente para el valle de Cadereyta, formando el Cerro del Ranchito, y extendiéndose por Boyé y Quintillé, para reunirse en Tovarés con las rhyolitas de litofisas que se encuentran en la Loma Chata.

Las faldas del Minteje, que se extienden por el Este cerrando el vallecito de Boyé y El Palmar, están formadas por la misma labradorita, roca que se encuentra en los cerros: Picudo, Prieto, El Palmar, El Frontón, El Colorado, los de la hacienda de Loveras, y que desciende por la hacienda de Ziquia, así como por Taxhidó y Patehé para el río de San Juan, dejando sólo á descubierto en las cercanías del Palmar, una zona de rhyolitas aperladas, las que están rodeadas, y en su mayor parte cubiertas, por las mencionadas labradoritas.

En la Mesa de Minteje, así como en el Cerro Cantón y en la parte alta de las barrancas de Taxhidó y de Patehé, las labradoritas se encuentran en lajas, generalmente de color pardo violado; y en el fondo de la ba-

rranca de Taxhidó las mismas labradoritas son de color negro y compactas.

Toda la zona superior de la formación labradorítica, se encuentra surcada por numerosas litoclasas, las que dividen la roca: ya en lajas, algunas muy delgadas; ó bien en cuartones, como se observan en las cimas de los cerros ya mencionados. En la zona inferior de la misma formación, la roca está muy compacta y casi sin grietas, como se encuentra en el fondo de la barranca de Taxhidó.

En el cerro de San Gaspar y por San Diego, al subir á la Mesa de Barrera, se encuentran retinitas, surcando en tramos á las andesitas que forman esos cerros, andesitas que están agrietadas en la superficie, y en muchas partes se encuentran alteradas.

El valle cerrado de Cadereyta, está ocupado por tobas, que sostienen la tierra vegetal, y que están colocadas sobre la formación eruptiva de esa región. En efecto, en una noria que están abriendo en la hacienda de Zituní, en la parte Norte-Poniente del valle de Cadereyta, puede observarse un corte vertical de 56 metros de profundidad, y en el cual se encuentran: las tobas amarillosas, en los 8 primeros metros, ó sea en los superficiales; vienen en seguida y en 16 metros, unas tobas azuladas; y en los 32 restantes, están las brechas con pómez, retinita, y á las veces obsidiana, brechas que descansan, sin duda, sobre las andesitas del cerro de la Magdalena y Mesa de Barrera.

Del valle de Cadereyta salen las tobas: por el Norte-Oeste, al Poniente del cerro de La Florida, y rodeando por el Norte al cerro de La Magdalena, para Tunas Blancas, y el plano inclinado que desciende por Santi-

llán para Tequisquiapan; y por el Sureste, salen las mismas tobas por Boñú, para ocupar el vallecito cerrado de Boyé, y se extienden en seguida por el Palmar.

En diversas partes de la zona que baja de Cadereyta por el Sureste y el Este, para el río de San Juan, las labradoritas están cubiertas por tobas amarillentas que son á las veces blanquizcas.

De lo anterior se deduce: Que la formación eruptiva terciaria de la región que motiva este estudio, está limitada: al Norte, por el arroyo de San Juan de la Rosa y el cerro Piloncito; y se extiende por el Poniente, para Bernal y Tequisquiapan; y por el Sur y el Este para el río de San Juan, prolongándose mucho más en estas últimas direcciones, para internarse en el Estado de Hidalgo. Que esa formación está constituida: por el Norte, Este y Sur, por labradoritas, en lajas y de color pardo violado en las partes altas, y compactas y negras en la parte baja como se observa en la barranca de Taxhidó; por el Sureste y Sur, en la parte cercana á Cadereyta, se encuentran las rhyolitas, que salen también al Sur del Palmar, y están cubiertas en partes por las labradoritas; y al Poniente y Noreste de Cadereyta, en la parte cercana á la población se encuentran las andesitas, las cuales más al Oeste, están cubiertas por las rhyolitas que se extienden en el plano inclinado que baja para Tequisquiapan; y á estas rhyolitas las cubren á las veces las tobas que se encuentran en ese plano, así como en el valle de Cadereyta, y en Boyé, el Palmar y la Mesa de Barrera.

En la barranca de Taxhidó, como dije en otro lugar, se puede observar un corte profundo en la roca labradorítica, y en ese corte natural puede verse: que

las labradoritas alternan con las tobas. En efecto, en la barranca de Taxhidó, en 155 metros de profundidad, se observa la siguiente superposición: en el fondo ó lecho del río de San Juan, se encuentran las labradoritas compactas y negras, ya descritas; sobre éstas se halla un escurrimiento de tobas, de 10 metros de espesor; encima están de nuevo las labradoritas, en 25 metros de altura; vuelven en seguida las tobas, en 10 metros; sobre éstas se halla una capa de 35 metros de grueso, de labradoritas compactas; sobre esta capa está otra de 20 metros, formada por tobas amarillentas; y sobre éstas, por último, y como coronamiento de la barranca, en una altura de 55 metros, se encuentran las labradoritas en lajas y de color pardo violado, como las que se hallan en la Mesa del Minteje. Estas cuatro corrientes de labradoritas, alternadas con las tobas, se extienden para el Estado de Hidalgo, como puede verse en otras barrancas pertenecientes á este Estado, y que son tributarias de la barranca de Taxhidó.

Estudiando con detenimiento la formación eruptiva terciaria de la región de Cadereyta, formación que ligeramente he descrito, puede llegarse á concluir: que las rocas que aparecieron primero, son las andesitas de hiperstena ó de augita é hiperstena, que se encuentran de la Mesa de Barrera para el cerro Cantón; en seguida aparecieron las rhyolitas, que se encuentran en la Loma Chata, en el Palmar, y en varios lugares cercanos á la hacienda del Ciervo, las cuales cubren las andesitas, como se ve en las cercanías de la Loma Chata, y al último, fueron las emisiones labradoríticas, que se levantaron hasta las cimas del Minteje, y se extendieron en escurrimientos alternativos con tobas, para Tecozza-

hutla, del Estado de Hidalgo, cubriendo á las veces á las rhyolitas, como se observa en el Palmar y en otros varios lugares. Las tobas cubrieron á las rhyolitas y andesitas en toda la planicie inclinada que baja de la Mesa de Barrera para Tequisquiapan, y llenaron los valles de Cadereyta, Boyé y El Palmar, cubriendo también á veces á las labradoritas que forman la mayor parte de la zona eruptiva de que me ocupo.

El valle cerrado de Cadereyta, está, como se ve, sobre rocas eruptivas, relleno por éstas, y rodeado de eminencias eruptivas, cubiertas en partes por las tobas blancas ó amarillentas.

La formación sedimentaria cretácica se extiende, como he dicho, de las faldas septentrionales de los cerros del Rincón, y cerca de la margen izquierda del arroyo de San Juan de la Rosa, para el Mineral del Doctor; se levanta hasta las cimas de la serranía de San Juan de la Rosa, desciende por los cerros de Vizarrón al Poniente de Las Tuzas, y casi al nivel de Cadereyta, para levantarse de nuevo por Santa Inés para la serranía del Doctor.

Esta formación cretácica está constituida: por pizarras arcillosas delgadas teñidas con óxidos de fierro (estudiadas al microscopio), y en estratificación concordante, pero sumamente plegadas, siendo su rumbo variable entre  $15^{\circ}$  y  $45^{\circ}$  N.W., y con echados variables por estar tan plegadas. Estas pizarras forman un sinclinal en el arroyo de San Juan de la Rosa, para levantarse plegadas formando un anticlinal en la cima de la serranía denominada también San Juan de la Rosa. En toda esta parte sólo se ven á la superficie las pizarras arcillosas; pero del lado de Vizarrón aparecen las cali-



zas compactas, de color gris, que han sido clasificadas como cretácicas, y que se encuentran debajo de las pizarras arcillosas ya mencionadas. En algunas partes están cubiertas estas pizarras por caliches que emplean en la localidad para la fabricación de una cal medianamente hidráulica.

Las pizarras arcillosas están surcadas en direcciones casi normales al rumbo de su estratificación, por varios arroyitos, en los cuales puede observarse el plegamiento de esa formación. En estos arroyitos existen varios manantiales con agua á 14°C., y que están en los planos de estratificación de las pizarras.

El contacto de las pizarras con las rocas eruptivas, con las labradoritas del cerro Cantón, y con las andesitas del cerro Frío, no se encuentra en un plano, sino que es una superficie ondulada: penetrando más el cretácico en el cerro Frío, ó sea en las andesitas, que en el cerro Cantón, formado por las labradoritas.

Para formarse mejor idea de la geología de la región de que me ocupo ahora, creo conveniente aclarar mis explicaciones, con los dos croquis adjuntos:

El número 1 es un croquis de corte geológico que va de la hacienda del Ciervo por la Bóveda, pasando por la Mesa de Barrera, para Cadereyta; sigue por el valle de Cadereyta para los cerros del Rincón, y pasando por cerro Frío, llega al arroyo y serranía de San Juan de la Rosa.

El número 2 es otro croquis de corte geológico que va del fondo de la barranca de Taxhidó, por el cerro Frontón para el Palmar; sigue de allí por el cerro Mintejé, para la Mesa y el cerro Piloncito, y concluye en la serranía de San Juan de la Rosa.

En el corte número 1 se ve lo siguiente. Desde la hacienda del Ciervo, y levantándose el terreno suavemente, se llega hasta el lugar llamado La Bóveda, que está 115 metros arriba del Ciervo, y 50 arriba de Cadereyta; en toda esta extensión el terreno está constituido por rhyolitas que á veces salen hasta la superficie, y en lo general están cubiertas por las tobas blancas ó amarillentas. De la Bóveda sube el terreno 20 metros para la Mesa de Barrera, y desciende en seguida 70 metros hasta Cadereyta; estando formada toda esta zona por andesitas de augita y de hiperstena, cubiertas en varios lugares por las tobas blanquizas. De Cadereyta para la hacienda del Rincón se atraviesa el valle, ascendiendo sólo 10 metros en 6 kilómetros; y esta parte la forma un subsuelo de andesitas de hiperstena, cubiertas por brechas de pómez y tobas amarillentas, las cuales están cubiertas por la tierra vegetal. Del Rincón para el puerto que une á cerro Frío con el de Santa Bárbara, sube el terreno 130 metros, para descender en seguida 125 hasta el arroyo de San Juan de la Rosa; y en esta zona se encuentran las andesitas de hiperstena hasta 50 metros antes de llegar al mencionado arroyo. Desde este lugar comienzan las pizarras arcillosas, plegadas como lo indica el croquis, y cubiertas en partes por los caliches ya mencionados.

En el corte número 2, se ve lo que sigue: Del fondo de la barranca de Taxhidó se levanta el terreno rápidamente primero, 155 metros, para llegar al borde de la misma barranca, y de aquí, en pendientes suaves y con múltiples rugosidades, sube para el cerro El Palmar, 360 metros más, ó sea 80 metros arriba de Cadereyta; y en esta parte se encuentran, alternando con las tobas,

las labradoritas negras y compactas abajo, y en lajas de color pardo violado en la parte superior, roca que se prolonga hasta cerca del Palmar, en donde aparecen las rhyolitas aperladas, las cuales desaparecen más al Norte por estar cubiertas por las labradoritas. Del cerro El Palmar, desciende el terreno para el pueblo del mismo nombre, y se levanta en seguida hasta las cimas del Minteje ó sea á 594 metros sobre Cadereyta, y desciende luego 260 metros para el rancho de La Mesa, estando formada toda esta parte por labradoritas, compactas y negras abajo, y en lajas pardo violadas en la parte superior. De la Mesa sube el terreno para el cerro Piloncito, en donde comienzan las pizarras arcillosas cretácicas, cubiertas en partes por caliches, formación que se prolonga para la elevada serranía de San Juan de la Rosa.

Las anteriores descripciones, tanto la topográfica, como la hidrográfica y la geológica, de la municipalidad de Cadereyta Méndez, las aclarará, sin duda, el plano que va adjunto á este estudio.

Ya con todos los datos anteriores, y teniendo en cuenta principalmente los geológicos de esta localidad, paso á ocuparme de la hidrología interna de la región.

### *Hidrología interna de la región.*

Al disertar acerca de la hidrología dinámica<sup>1</sup> de la municipalidad de Cadereyta, me veo precisado á dedicar varios renglones á la hidrología interna en general, con objeto de indicar algunas de mis opiniones á este

1 He aceptado esta expresión para designar, con Mr. E. Van den Broeck, el conjunto de fenómenos que constituyen el ciclo completo circulatorio subterráneo.—Bulletin de la Société Belge de Géologie &c. (1897). Tomo XI. pág. 530.

respecto, opiniones que servirán para aclarar esta parte de mi estudio, y que si no tienen por mira la innovación, sí juzgo necesario exponerlas, para que se comprendan mejor las razones que me han guiado á las conclusiones que indicaré en seguida.

Después de leer mucho de lo que se ha escrito respecto á hidrología dinámica, y sobre todo en la magnífica publicación titulada "Bulletin de la Société Belge de Géologie, Paléontologie et Hydrologie," he podido comprender la diversidad de ideas concebidas á este respecto, y sobre todo al referirse á la circulación subterránea de las aguas en las calizas y rocas eruptivas. Además, he podido comprender por las varias disertaciones y datos acopiados en la publicación mencionada, la diversidad de modos de circulación de esas aguas, y la variedad de formas que presentan las cavidades por las cuales circulan; y en visto de esto, me ha parecido conveniente hacer primero un ensayo de clasificación de esas corrientes subterráneas, para poder comprender con más facilidad las condiciones variables, según los casos, en que se encuentren esas corrientes, y la manera de capturarlas en caso favorable, ó de poder fundar con buenas razones, el mal éxito que alcanzarían las obras emprendidas con ese objeto.

El agua circula en el interior de la tierra: por fracturas, grietas ó intersticios; y en general, por huecos existentes que permiten la circulación más ó menos fácil de esas aguas. Estos huecos pueden existir en terrenos muy distintos: ya en los formados por elementos incoherentes, como sucede en las capas de arena ó de aluvi6n; ya en terrenos coherentes, como en las calizas y rocas eruptivas. En estas rocas los huecos pueden ser

muy diferentes: ya relativamente regulares, como las paraclases ó diaclases que á veces las surcan, y que son de mayor ó menor importancia, ó bien irregulares como las cavernas, grietas, embudos ó venas, que se observan en algunas calizas, y también las leptoclasas que se encuentran en las rocas eruptivas. Además, las rocas porosas ó fracturadas pueden encontrarse solamente sobre terrenos impermeables que las soporten, siendo permeables las rocas que las cubran; ó pueden encontrarse soportadas y también cubiertas por rocas impermeables: en el primer caso, las aguas estarán enteramente libres, y sólo imposibilitadas para infiltrarse á mayor profundidad; y en el segundo caso, las aguas estarán aprisionadas y sometidas á veces á una presión hidrostática que las obligará á brotar, cuando un taladro perfora el terreno superior impermeable, en cuyo caso llegarán las aguas hasta la superficie ó sólo brotarán del lugar en que se les encuentre para un nivel superior; pero nada de esto sucederá, cuando la roca superior sea permeable, pues esto impedirá que se establezca la presión hidrostática en las referidas cavidades.

Las cavidades subterráneas de que he hablado, deben estar en comunicación con el exterior. Esto se comprende fácilmente, puesto que las aguas superficiales, ya sean las que provienen de las lluvias ó bien de los deshielos, son las que originan las aguas subterráneas; y por lo mismo en todo receptáculo acuífero hay que considerar: la parte superficial y la profunda; y además, el fondo de roca impermeable ó saturada de agua que, al impedir que la infiltración sea indefinida, detenga á las aguas en su descenso.

Por lo anterior se comprende, que para poder concluir si existen aguas subterráneas en una región, y en caso afirmativo decidir si esas aguas pueden brotar hasta la superficie del terreno, mediante alguna perforación, y poder indicar en cada caso cuál es la obra que debe emprenderse para capturar mejor las mencionadas aguas subterráneas, es preciso poseer los mejores datos relativos: tanto á las precipitaciones atmosféricas, como á la existencia de cavidades subterráneas en las cuales pueda circular y depositarse el agua; es preciso conocer, además, la forma de esas cavidades y la naturaleza de las rocas que soportan y cubren á aquellas en que se encuentren las referidas oquedades, y por último, la topografía de la localidad.

Desde el punto de vista hidrológico consideraré: como permeables, todas las rocas que presenten cavidades continuadas, por las cuales puedan circular las aguas; y como impermeables, las que siendo coherentes y compactas, no tengan grietas que las surquen, ni cavidad alguna que permita la circulación de las agua.

En caso de permeabilidad, distingo: las capas incoherentes ó porosas, como las arenas, aluviones, cenizas volcánicas, en las cuales las cavidades son los muchos intersticios que separan á sus elementos constitutivos; y las rocas coherentes ó compactas agrietadas, en las cuales las cavidades son las litoclasas que las surcan. A las primeras formaciones las llamaré de "permeabilidad continua," y á las segundas las denominaré de "permeabilidad localizada," por ser debida sólo á las grietas que se encuentran en algunas partes de esas rocas. En las rocas de permeabilidad continua, las aguas descenderán, por lo general, con menor rapidez que en

las de permeabilidad localizada; y esto se explica fácilmente, puesto que al infiltrarse el agua en un terreno, se encuentra sometida á dos fuerzas: la gravedad que la obliga á descender, y la atracción capilar que se opone á la primera fuerza: si las cavidades por las cuales debe circular el agua, son muy pequeñas, como sucede con los intersticios de las rocas incoherentes, la atracción capilar es muy fuerte y el agua desciende con dificultad y lentitud, y muchas veces esa atracción la hace ascender como lo haría una esponja; y en cambio, si las cavidades son amplias, como sucede en las rocas atravesadas por paraclasas y diaclasas supercapilares, la superficie atractiva será pequeña, y las aguas descenderán con rapidez, razón por la cual denomina Daubree<sup>1</sup> á estas rocas de permeabilidad en grande.

Las grietas que surcan á varias rocas compactas, y en virtud de las cuales se vuelven permeables, las denominaré con Daubree: litoclasas en general; y las clasificaré con el mismo distinguido autor, aceptando en todos sus definiciones para cada término: en leptoclasas (sinclasas ó pisoclasas), diaclasas y paraclasas.<sup>2</sup>

Aceptado lo anterior, denominaré "receptáculo acuífero subterráneo," á toda serie de intersticios, litoclasas ó en general cavidades subterráneas en las cuales pueda circular y depositarse el agua. A las aguas contenidas en estas cavidades, las llamaré "aguas subterráneas;" y denominaré "manantiales," á las aberturas por las cuales naturalmente se derramen ó broten las aguas subterráneas.

1 Daubrée.—Les Eaux souterraines á l'époque actuelle.—(1887). Tomo I, página 17.

2 Daubrée.—Les Eaux souterraines á l'époque actuelle.—(1887). Tomo I, página 130.

Todo receptáculo acuífero lo consideraré dividido generalmente en cuatro partes: es la primera, "la superficie de alimentación;" la segunda, "la región de alimentación;" la tercera, "la región activa;" y la cuarta, "la región pasiva." La superficie de separación, entre la segunda y tercera parte, será "el nivel superior de la región activa;" entre la tercera y la cuarta, será "el nivel inferior de los manantiales;" y de la cuarta para abajo, se encontrará "el fondo impermeable."

Debe considerarse como "superficie de alimentación," el afloramiento de las rocas permeables, la que por estar al exterior, permite la infiltración de las aguas que escurran por la superficie de la tierra. Infiltradas ya las aguas, recorrerán éstas en su trayecto descendente, la región comprendida entre la superficie del terreno y la parte en que las aguas se acumulan á la profundidad, zona á la que llamo "región de alimentación," pues por ella se hace la alimentación del receptáculo, y en esta región sólo habrá "aguas intermitentes," pues existirán en tiempo de lluvias ó de deshielos, y escasearán en tiempo de seca. Pasada esta región, seguirán las aguas descendiendo hasta el fondo del receptáculo (que para esta explicación lo considero enteramente vacío), es decir, hasta la roca impermeable ó completamente saturada de agua. Al ir subiendo el nivel del agua en el receptáculo, llegará hasta la altura de los manantiales, desde cuyo momento, parte de las aguas infiltradas comenzarán á escurrir por esos manantiales, el resto de las aguas continuará llenando el receptáculo, y el nivel del agua subirá hasta un límite superior, variable por varias causas. El agua que se encuentra en la zona comprendida del "nivel inferior



de los manantiales” para abajo, es agua que no puede salir por los manantiales, agua casi sin movimiento, y que llamaré “agua permanente;” y como la región en que estas aguas se encuentran, no influye en manera alguna sobre los manantiales, la he llamado “región pasiva;” dando el nombre de “región activa,” á la región de la cual salen las aguas por los manantiales, y á las que denominaré “aguas brotantes.”

De las cuatro partes ó divisiones anteriores, son indispensables para la existencia de un receptáculo acuífero subterráneo: la superficie de alimentación, la región de alimentación, y además, el fondo impermeable ó saturado de agua, pues la región activa y la región pasiva pueden existir á la vez ó sólo alguna de ellas, lo cual dependerá de la topografía del terreno, pues siendo el “nivel inferior de los manantiales” la separación entre las regiones activa y pasiva, si la topografía del terreno permite la existencia de “manantiales” á nivel del “fondo impermeable,” no habrá región pasiva; y si sólo permite la existencia de manantiales al “nivel superior de la región activa,” no habrá “región activa,” sino pasiva únicamente.

Conocidas ya las partes constitutivas de un receptáculo acuífero subterráneo, hay necesidad de estudiar ahora su situación y su forma aparente.

Por su situación hay que diferenciar los receptáculos que se encuentren “en rocas porosas de permeabilidad continua;” y los que estén en “rocas compactas agrietadas, ó de permeabilidad localizada.” Los primeros pueden encontrarse “colocados entre dos capas impermeables inclinadas,” en cuyo caso las aguas contenidas en la zona activa del receptáculo, estarán some-

tidas á una presión hidrostática, y esas aguas podrán ser "artesianas" ó "brotantes," según que sólo se eleven del lugar en que las corte la perforación, sin salir hasta la superficie del terreno; ó brotantes si se elevan hasta esta superficie, lo cual puede suceder ya "naturalmente por grietas del terreno," ó "artificialmente por perforaciones." En caso de encontrarse los receptáculos "colocados bajo terrenos permeables," sus aguas serán "phreáticas," "superficiales," ó bien "profundas," es decir, aguas que no están bajo presión, y no se elevan al alcanzarse por pozos. Los receptáculos situados en formaciones compactas agrietadas, pueden contener aguas "brotantes," "artesianas" ó "phreáticas," según se desarrolle ó no la presión hidrostática, dentro de las grietas ó cavidades que forman esos receptáculos.

Clasificaré los receptáculos acuíferos subterráneos por su "forma aparente" en relativamente "regulares" é "irregulares," distinguiendo en ambos casos los que se encuentren "en rocas porosas," y los que se hallen "en rocas compactas agrietadas;" en el primer caso, la circulación tendrá lugar por los intersticios ó poros de la roca, y en el segundo sólo por las litoclasas.

Los receptáculos regulares y en formaciones porosas, están constituídos por la serie continua de intersticios que existen en los estratos formados por elementos incoherentes, como los de acarreo, formados por arenas ó guijarros, y también los constituídos por tobas incoherentes, cenizas volcánicas, algunas veces la creta blanca, etc. Estos receptáculos que denominaré "en estratos," son por lo general muy extensos, regulares y continuos, y de ellos encontramos multitud de ejemplos: ya en

Strasbourg, en las cercanías de Bruselas y de Viena; en Munich, en Leipzig, en Londres, en Nueva York y en México, todos éstos en terrenos de acarreo; pero los encontramos también en terrenos volcánicos incoherentes, en Irlanda, en Roma y sus alrededores, estratos que se encuentran casi horizontales y formados por tobas incoherentes.

Los de forma relativamente regular, pero en rocas compactas agrietadas, están constituídos por las cavidades ó grietas continuadas que existen en varias vetas, fallas ó diques, y en general paraclasas rellenas á veces con detritus de las rocas de los respaldos, receptáculos que denominaré "en paraclasas." Pertenecen á este grupo también los que llamaré "en planos estratigráficos," por encontrarse en los planos que separan los estratos en las formaciones sedimentarias; y por último, los que llamaré "en diaclasas," por encontrarse en estas fracturas capilares ó supercapilares que atraviesan en todas direcciones á la corteza terrestre, y que aunque de regularidad geométrica, son por lo general de dimensiones horizontales mucho menores que las paraclasas. Entre esta clase de receptáculos que son también extensos y continuados, encontramos varios ejemplos: ya en el Card, en Plombieres, en las vetas de Hammam-Bou-Hadjar, y otras muchas; en las fallas de Ain-Noissy, de Sassenage, de Lancashire; y en las diaclasas que surcan las rocas paleozoicas de Irlanda.

Entre los receptáculos irregulares en formaciones porosas, tenemos los intersticios que existen en las capitas delgadas incoherentes, formadas por arenas ó aluviones, pero que son discontinuas, y á estos recep-

táculos, por su forma aparente, los llamaré “en lentes,” y los que denominaré “en cúmulos” constituidos por los elementos anteriormente mencionados, ó por deyecciones volcánicas incoherentes, como las cenizas, algunas lavas y las tobas. Estos últimos receptáculos se diferencian de los que he llamado en estratos, sólo por su forma irregular, pues los cúmulos son grandes montones en vez de gruesas capas como los estratos. Entre los receptáculos en cúmulos tenemos: los médanos de Gascaña y de Holanda; y los conos de escorias de Etna, de Pu-de-Gravenoire, y de Puy-de-Pariou.

Los receptáculos acuíferos irregulares en formaciones compactas agrietadas, están constituidos por las grietas, ó en general cavidades, más ó menos interrumpidas y localizadas, que se encuentran en rocas coherentes, como las eruptivas y las calizas por lo general. Estos receptáculos los distinguiré, por su forma aparente: “en cavernas ó embudos,” que son cavidades localizadas, de mayor ó menos importancia, y muy comunes en las formaciones calizas; “en venas,” que son los tubos localizados de sección muy irregular, y que existen con frecuencia en las calizas y en algunas lavas; “en leptoclasas,” que son grietas de dimensiones pequeñas en todos sentidos, muy frecuentes en la superficie del suelo, que se cruzan en diversas direcciones, y que fraccionan á las rocas aunque no en toda la extensión ocupada por la misma roca, sino en tramos localizados, ya á la superficie ó á la profundidad, y que permiten la circulación de las aguas cuando son capilares; “en macizos multiagrietados,” que denominaré así, á la multitud de grietas que existen en algunos macizos calizos, que aunque son éstos de naturaleza com-

pacta, se hallan á las veces sumamente fraccionados por esa multitud de grietas, las cuales motivan que estos receptáculos se aproximen mucho por su aspecto á los que he llamado en cúmulos y en estratos incoherentes, pero de los cuales se diferenciarán por no ser continuos en toda la formación geológica en que se encuentren, sino localizados en algunas partes de esa formación; y por último llamaré "en zonas de contacto" á los receptáculos formados por las cavidades que existen á veces en la región de contacto de las rocas eruptivas entre sí ó con las sedimentarias. Entre los receptáculos irregulares en formaciones compactas agrietadas citaré los siguientes: Entre las cavernas, las del Jura, las grutas de Baume, en Vaucluse, en Dordogne, en Orleans, en Suiza, en España, en Moravia, en Argelia, en Siria, en Kentucky y en Indiana (E. U. A.). en leptoclasas, encontramos en Irlanda, en la Lorena alemana, y en Erris. En macizos multiagrietados, encontramos en la creta de varias localidades. En zonas de contacto ó intrusiones, encontramos en Alpe de Wurtemberg y en otros varios lugares.

El desagüe de los receptáculos acuíferos subterráneos puede ser natural, por grietas ó aberturas superficiales; es decir, "por manantiales;" ó sólo puede hacerse artificialmente en algunos lugares "por perforaciones." Los manantiales pueden verter sus aguas permanente ó temporalmente, y en el primer caso su gasto puede ser constante ó intermitente; así como el gasto de agua de las perforaciones puede ser constante ó variable.

Como se comprende fácilmente, un mismo receptáculo acuífero puede ofrecer formas aparentes diversas, en

todas ó en algunas de las partes en que lo he considerado dividido: y así, la zona de alimentación puede ser en leptoclasas ó cavernas, en rocas compactas; y en su zona activa puede presentar la forma de estrato, en formaciones porosas. A estos receptáculos que ofrezcan formas distintas en sus diversas partes, los llamaré “multiformes,” y “uniformes” llamaré á los que ofrezcan la misma forma en todas sus partes constitutivas; pero aceptaré siempre y en todo caso, como forma aparente de un receptáculo acuífero subterráneo, la que afecte su zona activa, ó su zona pasiva si la primera no existiera, pues estas zonas son las más interesantes, por ser en ellas en donde se depositan las aguas subterráneas.]

Se comprende fácilmente que dos ó más receptáculos pueden estar unidos; y por lo mismo, á veces, la zona pasiva de uno puede ser la de alimentación del que se encuentre abajo, y en este caso los llamaré “receptáculos unidos;” ó bien pueden encontrarse varios receptáculos separados, pero en una misma formación geológica y al mismo nivel aproximadamente, en este caso llamaré á ese nivel “nivel de receptáculos.”

Las anteriores breves generalidades hidrológicas, pueden resumirse en el adjunto cuadro, “ensayo de clasificación:”

La cantidad de agua contenida en estos receptáculos, es muy variable, y depende no sólo de la cantidad de lluvia sino de la permeabilidad de la roca; pues como dice<sup>1</sup> Mr. Gosselet: “según que el suelo sea más ó me-

<sup>1</sup> J. Gosselet.—En la segunda de sus lecciones acerca de las capas acuíferas del Norte de la Francia, reproducidas en el Tomo I (1888), del Bulletin de la Societé Belge de Géologie.

nos permeable, deja penetrar una cantidad más ó menos grande de las aguas atmosféricas; que ó se almacenan en los depósitos de arena y guijarros, en capas subterráneas, ó se hunden para reaparecer al exterior, en forma de manantiales.”

Conocida la forma de un receptáculo acuífero y su situación, así como la topografía del terreno, podrán indicarse ya las obras más acertadas para capturar las aguas contenidas en esos receptáculos acuíferos; pero es necesario para conocer la forma y posición de éstos, acudir á la geología, ciencia única que puede guiar en estas determinaciones, puesto que como dice<sup>1</sup> Mr. de Launey: “el objeto práctico de la geología, es llegar á prever, con la observación de los terrenos superficiales solamente, y de los cortes naturales, en una extensión más ó menos grande, y casi siempre sin ninguna clase de registros ó excavaciones: la sucesión completa de las capas que atravesarían un pozo ó un sondeo abierto en un punto cualquiera y prolongado tanto como se quisiera; así como las capas de agua ó los yacimientos de substancias minerales útiles que pudieran estar intercaladas.”

Indicadas ya las generalidades hidrológicas anteriores, que explican la nomenclatura empleada en el resto de este estudio, paso á ocuparme en particular de la hidrología interna de la región de Cadereyta.

Por condiciones topográficas á la vez que por consideraciones geológicas, creo conveniente dividir en tres partes la región de Cadereyta y estudiar por separado cada una de ellas, considerándolas desde el punto de

<sup>1</sup> L. de Launey, *Géologie pratique et petit dictionnaire technique des termes géologiques les plus usuels*. (1900). págs. 2 y 3.

vista hidrológico. La primera parte la formarán el valle de Cadereyta y los cerros que lo rodean; la segunda quedará formada por los planos inclinados que descienden de los cerros que rodean á Cadereyta para el río de San Juan; y la tercera será la serranía cretácica de San Juan de la Rosa.

*Hidrología interna del Valle de Cadereyta, y cerros que lo rodean.*

El valle de Cadereyta, como he dicho, está relleno por tobas volcánicas amarillentas y brechas con pómez que descansan sobre rocas eruptivas; y todos los cerros que cierran el valle, están formados por rocas eruptivas, rocas que se encuentran en lajas en la parte superior de las eminencias andesíticas y labradoríticas, y muy ampollosas en la parte rhyolítica con litofisas que se halla en la Loma Chata. Encontramos, por lo tanto, en esta primera parte de la región, dos clases de rocas: unas de permeabilidad continua, como son las tobas del valle, las que se encuentran en la Mesa de Barrera, en la meseta de la Loma Chata, y las que cubren parte de las faldas de los cerros que rodean al valle; y las otras rocas, de permeabilidad localizada, son las labradoritas y andesitas en lajas, y las rhyolitas con litofisas que se encuentran en los cerros que rodean á Cadereyta, y que forman también el fondo del valle de ese nombre.

Se comprende por lo anterior, que los receptáculos acuíferos subterráneos que se encuentren en esta parte de la región en estudio, están cubiertos por rocas permeables, y por lo tanto sus aguas serán phreáticas; y





además son profundas en el valle, pues como dije en otro lugar, la noria de la hacienda de Zituní tiene ya más de 56 metros de profundidad, y en su fondo se encuentra todavía la brecha con pómez.

La superficie de alimentación del receptáculo acuífero subterráneo contenido en el valle de Cadereyta, además de ser la superficie de este valle, que está formado por terreno de permeabilidad continua, la constituye también una gran gran parte de la superficie de los cerros que rodean al valle, y principalmente las mesetas de Barrera, de la Loma Chata y del Mintejé, pues toda esta superficie está cubierta por rocas permeables, ya por las tobas de permeabilidad continua, ó por rocas eruptivas surcadas por leptoclasas capilares. Estas últimas permiten la infiltración de las aguas corrientes superficiales, aguas que después de recorrer las leptoclasas salen á la superficie: ya por manantiales que derraman sus aguas para el valle, ó que hundiéndose más, saldrán para las tobas que rellenan al mismo valle. No se extiende más la superficie de alimentación, pues aunque existen en esa localidad por San Juan de la Rosa, cerros tan altos como los que rodean á Cadereyta, esos cerros son de formación cretácica, y sus aguas subterráneas no penetran probablemente á las rocas eruptivas que estudio en esta primera parte.

La región de alimentación del receptáculo del valle está formada por las tobas y brechas que lo rellenan, cuya humedad es temporal, y se encuentra ésta á mayor profundidad, á medida que más escasean las aguas corrientes superficiales.

No encontramos en ese receptáculo zona activa, pues siendo las aguas phreáticas, y no estando surcado el

valle por ninguna cortadura que permitiera el derrame de esas aguas, todas las superficiales que se infiltren llegarán hasta el fondo del receptáculo, ó sea hasta la zona pasiva, la cual tanto por naturaleza de la roca en que se encuentra, como por su forma aparente, la debo considerar como de forma regular y en estrato.

El fondo de este estrato acuífero, con aguas phreáticas profundas, está constituido por rocas eruptivas: en partes por las andesitas; en otras por las rhyolitas; y por otras se hallan las labradoritas; las primeras se encuentran al Poniente, las segundas al Sur, y las terceras al Oriente y Norte. Este fondo, formado por la superficie irregular de las rocas eruptivas mencionadas, no es del todo impermeable, puesto que esas rocas están surcadas por leptoclasas capilares; y por lo mismo, siendo ese fondo de permeabilidad localizada, permitirá el que una parte de las aguas de ese estrato acuífero se infiltren por algunas partes del fondo, y puedan ir á alimentar á otros receptáculos colocados más abajo, y de los cuales me ocuparé después.

Los receptáculos acuíferos que se encuentran en los cerros que rodean al valle de Cadereyta, contienen también aguas phreáticas en su mayor parte, puesto que están debajo de terrenos permeables, como son las tobas y las rocas surcadas por leptoclasas. La superficie de alimentación de estos receptáculos, es muy reducida, y constituida por la superficie de las mesetas que coronan á esos cerros; su región de alimentación, así como su región activa, son de forma en leptoclasas; y el fondo de estos receptáculos está formado por la misma roca eruptiva en la parte profunda, hacia la cual las leptoclasas desaparecen ó se estrechan mucho. Las aguas

contenidas en estos receptáculos localizados, salen en parte al exterior por los manantiales que existen en algunos de los cerros que rodean á Cadereyta, y entre los cuales se cuentan los de Las Fuentes, al pie de la Loma Chata, y el de la hacienda de Quintillé, á media ladera del cerro del mismo nombre. A estas aguas las considero como de alimentación también para el estrato acuífero del valle, pues en parte, como vemos, se derraman en ese valle por manantiales, y otra parte es muy probable que se derrame á la profundidad, infiltrándose en las tobas del valle, en aquellos lugares en que salgan hasta estas tobas las leptoclasas profundas de la roca eruptiva que constituye á los referidos cerros.

La cantidad de agua que producen los manantiales de Las Fuentes es pequeña y en cantidad variable, lo cual se explica, tanto por la escasez de lluvias, como por lo pequeña que es la superficie de alimentación de esas leptoclasas acuíferas, superficie que en su mayor parte está constituida por rocas de permeabilidad muy localizada, y debida sólo á las grietas que surcan á esas rocas eruptivas de la región.

Las aguas phreáticas contenidas en el estrato acuífero del valle de Cadereyta, no serán abundantes probablemente, tanto por la escasez de lluvias en esa región, como por no ser del todo impermeable el fondo del receptáculo, sino de permeabilidad localizada, como dije anteriormente.

Como se ve, en esta primera parte de la región se hallan dos clases de receptáculos acuíferos, con aguas phreáticas: el estrato del valle, y los que en forma de leptoclasas se encuentran en los cerros que rodean al

mismo valle; estos últimos unidos al primero, puesto que sus aguas sirven también de alimentación para el estrato acuífero del valle.

Conocida la forma de esos receptáculos, y sabiendo que no contienen aguas artesianas ni mucho menos brotantes, sino aguas phreáticas, se comprende que los pozos artesianos abiertos en el valle de Cadereyta no darían ningún resultado, ni tampoco se puede aconsejar la apertura de socavones en los cerros que forman la anchurosa muralla que rodea á Cadereyta, puesto que existiendo el agua en estos cerros sólo en leptoclasas acuíferas, irregulares é interrumpidas por una parte, y siendo por otra muy pequeña, como dije antes, la superficie de alimentación de esas leptoclasas, y muy escasas también las lluvias en esa zona, lo más probable sería que los referidos socavones produjeran muy poca agua, casi en cantidad despreciable, y el éxito de esas costosas obras no estaría garantizado por ningún fundamento científico.

No existen en esta primera parte de la región vetas ó fallas, ni en general paraclasas, que al surcar al terreno desempeñaran el papel de profundos tajos naturales para el drenaje de los mismos terrenos, y por lo tanto, sólo se puede aprovechar el agua que sale por los manantiales de Las Fuentes, y el agua phreática profunda, contenida en el estrato del valle. El agua de los manantiales está ya aprovechada, se recoge en una fuente especial y se destina á usos domésticos; y en cuanto á la agua phreática profunda, se puede utilizar en Cadereyta, abriendo una noria en el lugar que se encuentra entre los manantiales de Las Fuentes y la Presa del Llano, y cuyo lugar me parece ser el mejor, por encon-

trarse muy cercano, tanto á Las Fuentes como á la Presa del Llano, depósitos éstos destinados á contener las aguas pluviales, y cuyas filtraciones, que son notables, aumentarán la cantidad de agua del estrato acuífero subterráneo en ese lugar, cantidad de agua que, repito, no será mucha, por las razones ya indicadas. La noria alcanzará al agua casi al llegar al contacto con las rhyolitas que forman el fondo del estrato en ese lugar, y á cuya profundidad, para obtener mayor cantidad de agua, será conveniente abrir en cruz cuatro galerías, una de las cuales se dirigirá hacia la Loma Chata, que está formada, como he dicho, por rhyolitas con litofisas.

Las aguas phreáticas profundas contenidas en el estrato acuífero del valle, serán potables probablemente, pues se encontrarán ya muy filtradas después de atravesar las tobas blancas y marillentas, y las brechas con pómez que rellenan al valle de Cadereyta Méndez.

*Hidrología interna de los planos inclinados que descienden de los cerros que rodean á Cadereyta, para el río de San Juan.*

Como dije al hacer la descripción topográfica de la región en estudio, por todas partes desciende el terreno una vez pasada la muralla que rodea á Cadereyta; ya en suave pendiente por el Oeste para Tequisquiapan; ó bien en escalones rugosos, por el Sur y el Este, para Patehé y la Mesa del León. Todo este terreno que forma la segunda parte en que he dividido la región, está formada por rocas eruptivas, en lajas en la parte superior, y compactas hacia la profundidad; y en algunos luga-

res la parte superficial de la formación está cubierta por caliches, ó por tobas blancas y á las veces amarillentas. En Taxhidó, como dije en otro lugar, las tobas se encuentran intercaladas entre varios escurrimientos labradoríticos, y esta roca está en lajas, en la parte superior, y compacta en el fondo de la barranca de ese nombre.

En esta parte de la región encontramos también dos clases de rocas: unas de permeabilidad localizada, y las otras de permeabilidad continua; las primeras son las andesitas, rhyolitas y labradoritas agrietadas, y las segundas, que cubren en parte solamente á las primeras, son las tobas blancas y amarillentas. En la parte inclinada que baja hacia Tequisquiapan, una gran parte de la superficie del terreno está formada por las tobas; y en cambio, en la parte que desciende para Patehé y Taxhidó, sólo en tramos se observan las referidas tobas, pues á la superficie se encuentran por lo general las labradoritas.

La superficie de alimentación de los receptáculos acuíferos en esta zona es muy extensa, y formada por la parte superficial de las tobas, y por los tramos localizados en que se encuentran las andesitas y labradoritas en lajas. Además, en esta superficie debe comprenderse también la del valle de Cadereyta, pues como dije antes, las aguas del estrato acuífero del valle alimentan en parte á estos receptáculos, y sobre todo á los que se encuentran rumbo á Taxhidó, que es la parte más baja de esta región.

La zona de alimentación de los receptáculos que existen de Cadereyta para Tequisquiapan, está formada por las tobas superficiales; y de los que se hayan por

Taxhidó y Tetillas, está constituida por las leptoclasas capilares que á la superficie surcan, á las labradoritas y andesitas.

La zona activa está formada en la mayor parte de estos receptáculos, por leptoclasas (grietas irregulares) y en los que se encuentran hacia Tequisquiapan, la zona activa afectará la forma de lentes unidas, formadas por tobas, y limitadas en parte por los afloramientos rhyolíticos que separan á estos depósitos de tobas.

El fondo de todos estos receptáculos está formado por roca eruptiva, la cual, á la profundidad, no estará ya surcada por leptoclasas, ó se habrán estrechado éstas tanto, que permiten considerar ese fondo como relativamente impermeable, en la mayor parte de su extensión.

Las aguas contenidas en estos receptáculos serán phreáticas, pues se encuentran bajo terrenos permeables, ó en grietas localizadas, irregulares y estrechas, que no permiten el desarrollo de la presión hidrostática.

Las aguas pluviales infiltradas en esta región, atravesarán por los poros de las tobas hasta llegar á las rocas compactas, por cuya superficie escurrirán; ó después de bajar por las grietas superficiales de las rocas eruptivas hasta la parte compacta, más ó menos profunda de éstas, saldrán al exterior á este nivel, y por otras grietas que constituirán los manantiales.

Los receptáculos acuíferos subterráneos de esta parte de la región, son por lo dicho anteriormente: lentes acuíferas, unidas á las veces, é irregulares, en las tobas que descienden hacia Tequisquiapan; y leptoclasas acuíferas irregulares y localizadas, en las rocas com-

pactas de Tetillas, Quintillé, Taxhidó y toda la zona del Sur y el Este de Cadereyta.

Las aguas phreáticas de las leptoclasas irregulares salen por manantiales en las faldas de los cerros, y al nivel del fondo compacto, como se observa en Tetillas, Quintillé y otros lugares; y las aguas phreáticas de las lentes acuíferas, siguiendo caminos irregulares, aumentan el gasto de los manantiales que existen en las vegas del río de San Juan. Entre estos manantiales se cuentan los de Tequisquiapan, Patehé y Taxhidó, y de los cuales haré un estudio especial cuando haya concluído la análisis de sus aguas.

En la región de Taxhidó, como dije en otro lugar, existe una sucesión de escurrimientos labradoríticos y de tobas intercaladas; es decir, existe una superposición de rocas de permeabilidad localizada y de permeabilidad continua; pero como estas últimas no salen á la superficie del terreno sino en el corte acantilado de la barranca de Taxhidó, y están cubiertas por las labradoritas en lajas que se encuentran á la superficie, la cantidad de agua contenida en estas tobas es muy pequeña, y reducida sólo á la que pueda atravesar á las labradoritas superficiales, agua que aumentará probablemente el gasto de los manantiales de Taxhidó, que se encuentran en el fondo de la misma barranca.

La cantidad de agua contenida en las lentes y leptoclasas acuíferas, que se encuentran en la parte de la región que desciende de Cadereyta para el río de San Juan, es pequeña sin duda; pues además de la escasez de lluvias, los receptáculos son irregulares y muy reducidos, y por esto es que los manantiales de Tetillas, Quintillé, y otros de la región, vierten una cantidad de agua verdaderamente despreciable.



En esta parte de la región, en la cual no existen aguas artesianas, no darían ningún buen resultado los pozos perforados con objeto de capturar esas aguas profundas, ni puede recomendarse la ejecución de ninguna obra, pues siendo las aguas phreáticas escasas, hasta las norias producirán poca agua.

Terminado ya el estudio hidrológico interno de la parte eruptiva de la región de Cadereyta, paso á ocuparme de la zona cretácica de San Juan de la Rosa, que está separada del valle de Cadereyta por los cerros de las haciendas del Rincón y Santa Bárbara, y en cuya zona las lluvias son mucho más frecuentes y abundantes, según los datos que se me proporcionaron en la localidad.

#### *Hidrología interna de la serranía de San Juan de la Rosa.*

La serranía de San Juan de la Rosa está formada, como he dicho, por calizas en gruesos bancos, cubiertos por pizarras arcillosas surcadas por sinclasas, y por lo mismo las rocas son de permeabilidad localizada.

La superficie de alimentación de los receptáculos acuíferos contenidos en esta región, está formada por la superficie de la misma serranía, la que siendo de permeabilidad localizada, sólo permite la infiltración de las aguas superficiales por los planos estratigráficos de las pizarras arcillosas y por las sinclasas capilares que las surcan.

La zona de alimentación, así como la zona activa, están constituídas por los referidos planos estratigráficos; y el fondo del receptáculo será la caliza compacta,

en gruesos bancos que se encuentra bajo las pizarras ó las mismas pizarras en la parte en que se doblan, formando pliegues sinclinales, como sucede cerca del arroyo de San Juan de la Rosa.

El agua contenida en esos planos estratigráficos acuíferos, debe considerarse como agua phreática, pues están cubiertos esos receptáculos por pizarras, que aunque impermeables por naturaleza, están surcadas por grietas que las hacen de permeabilidad localizada, y que impiden, por lo mismo, el desarrollo de la presión hidrostática en los referidos receptáculos; los que, además, son muy estrechos, reducidos sólo á los huecos existentes en los mencionados planos estratigráficos; y casi superficiales, pues á poca profundidad se encuentran los bancos de caliza compacta.

El agua contenida en los anteriores planos estratigráficos acuíferos, desagua en parte por varios manantiales que se encuentran en los arroyitos que surcan á las pizarras, normal ú oblicuamente al rumbo de ellas. El resto de las aguas, hundiéndose más, por los mismos planos estratigráficos, llegará hasta las rocas eruptivas que se encuentran en los cerros del Rincón y Santa Bárbara. Estas últimas aguas, que para una sección determinada de la barranca de San Juan de la Rosa, pueden considerarse como aguas permanentes en la zona pasiva del receptáculo, no son sino aguas que brotan en los manantiales que se encuentran más abajo de la sección considerada y en la misma barranca; y esa zona pasiva de la primera sección, no es sino la zona activa de las secciones más bajas de la misma barranca.

En esta parte de la región en estudio, las lluvias son

más frecuentes y abundantes, como he dicho varias veces, y aunque la superficie de alimentación es localizada, y reducida á las grietas superficiales (sinclinas ó planos estratigráficos), la cantidad de agua que sale por los manantiales de San Juan de la Rosa es muy regular, comparada con la que producen los otros manantiales de la región, situados en la formación eruptiva, pues siendo éstos de un gasto casi despreciable, los de San Juan de la Rosa reunidos darán un litro por segundo. Esta cantidad de agua es susceptible de aumento probablemente, pues abriendo un socavón en la barranca de Velázquez, con rumbo normal al de las pizarras arcillosas, y hasta llegar á los bancos compactos de caliza, se cortarían varios estratos, algunos acuíferos, y siguiendo con una galería el estrato más acuífero, podría conseguirse probablemente una cantidad de agua mucho mayor de la que producen ahora los manantiales de San Juan; y al capturar las aguas con esa galería, en la parte superior de los receptáculos, saldría por el socavón toda el agua que ahora sale por diversos manantiales situados en diversos puntos de la barranca hacia la parte baja.

Estas aguas sólo servirán para aumentar la cantidad de agua potable de que dispone ahora la ciudad de Cadereyta, pues para el riego de las tierras del valle del mismo nombre, la cantidad sería insignificante. Para hacer el riego de estas tierras, es inútil pensar en las aguas subterráneas de la localidad, pues como se comprende por todo lo anterior, la cantidad de esas últimas es muy pequeña, tanto por la escasez de lluvias en la mayor parte de la región, como por lo reducidos que son los receptáculos acuíferos subterráneos de la zona estudiada.

Antes de terminar esta parte de mi estudio, y en vista de la necesidad de obtener agua para el riego de las tierras en esa región, y conociendo por otra parte la topografía de ésta, debo decir: que en la barranca de Velázquez, marcada con la letra "A" en el plano adjunto, puede construirse una gran presa, cuyas aguas podrían utilizarse en el riego de las tierras del valle de Cadereyta. En esa barranca las lluvias son relativamente más frecuentes y abundantes, la rinconada es bastante amplia, y el terreno se levanta allí, primero suavemente del arroyo de San Juan de la Rosa, y luego con rapidez para la serranía de ese nombre, estando las pizarras arcillosas cubiertas por caliches en la parte ligeramente inclinada de la barranca, parte que formaría el fondo de la presa indicada, y que sería relativamente impermeable por estar cubierto con los referidos caliches. Para llevar estas aguas al valle de Cadereyta, abría que hacer un canal, de la presa, y faldeando los cerros del Rincón, hasta la boca de un túnel que tendría que abrirse en el puerto que une al cerro Frío con el de Santa Bárbara, y hasta salir á la barranca que se encuentra arriba de la Venta "El Siglo XX," desde donde podrían distribuirse después las aguas por todo el valle de Cadereyta. El mismo trayecto, pero entubadas, seguirían las aguas potables de los manantiales y del socavón y galería de drenaje que se abrieran en la misma rinconada de Velázquez. Todo este proyecto va indicado en el adjunto plano, por medio de una línea negra y gruesa. No estudié los detalles de estos proyectos, por no apartarme de mi comisión, que fué solamente el estudio de la geología é hidrología interna de la región de Cadereyta Méndez.

Como se ve, la zona de San Juan de la Rosa es la más interesante de la región, tanto porque de ella puede obtenerse agua potable, aunque no en gran cantidad, como por encontrarse allí un lugar apropiado para la construcción de una presa que podrá proporcionar el agua necesaria para el riego de las tierras del valle de Cadereyta.

### *Conclusiones.*

El estudio anterior, puede resumirse en las siguientes conclusiones:

La región que motiva este estudio, ó sea la zona comprendida en veinte kilómetros alrededor de la ciudad de Cadereyta Méndez, está constituida en su mayor parte por rocas eruptivas terciarias, andesitas, rhyolitas y labradoritas ó basaltos pobres de olivino; y en la parte Noreste de la región se encuentra la formación sedimentaria cretácica, compuesta de calizas y pizarras arcillosas.

La región es accidentada en lo general; las lluvias son escasas; y las aguas corrientes superficiales alimentan á los ríos de San Juan, y el de Tolimán, que más abajo se une al primero.

No existen aguas artesianas en esa región, ni mucho menos brotantes; pero sí existen estratos con aguas phreáticas, y leptoclasas y planos estratigráficos por los cuales circulan aguas subterráneas.

No es de recomendarse la apertura de pozos artesianos en ninguna parte de la región estudiada, pues no existiendo aguas que puedan brotar, lo más probable sería el fracaso completo.

Las aguas phreáticas, generalmente profundas, que se encuentran en la mayor parte de la localidad, y que probablemente no serán abundantes, pueden aprovecharse abriendo norias que serán más ó menos profundas, para alcanzar las aguas phreáticas al llegar al contacto de las tobas con las rocas eruptivas del fondo, y siempre que éstas no se encuentren muy surcadas por grietas (leptoclasas), que permitan á las aguas seguirse infiltrando en el fondo eruptivo. Estas aguas serán, por lo general temporales, y en pequeña cantidad, por ser escasas las lluvias en la región.

En el valle de Cadereyta no existen ahora más aguas potables, que las que salen por el manantial de Las Fuentes, y las que se reúnen en las mismas Fuentes.

Para usos domésticos pueden emplearse las aguas phreáticas que existen en el valle, abriendo una noria entre Las Fuentes y la Presa del Llano, depósitos éstos de las aguas pluviales, y cuyas filtraciones, que son notables, se alcanzarían con esta noria al llegar á las rhyolitas del fondo, y á cuya profundidad será conveniente abrir cuatro galerías en cruz, de las cuales se dirigirá una hacia la Loma Chata, y podrá obtenerse por este medio mayor cantidad de agua.

Para surtir de agua potable á la ciudad de Cadereyta, pueden reunirse las que brotan en el arroyo de San Juan de la Rosa, cerca del lugar llamado Velázquez; y abrir un socavón en ese lugar y normal al rumbo de las pizarras, el que probablemente al cortar algunos estratos, encontrará filtraciones, y siguiendo con una galería el plano stratigráfico más acuífero que se alcance, se lograría aumentar probablemente la cantidad de agua que ahora sale por los manantiales de esa región, y cuyas aguas son potables.

Para el riego del valle de Cadereyta, puede construirse una presa en el mismo lugar llamado Velázquez, que se encuentra en el arroyo de San Juan de la Rosa, y cuyo lugar está á 100 metros sobre el nivel de Cadereyta. Esta presa puede recoger bastante agua, tanto porque en ese lugar las lluvias son mucho más frecuentes y abundantes que en el valle de Cadereyta, según me informaron, cuanto porque el terreno se presta para formar un depósito bastante grande.

Para poder llevar á Cadereyta, tanto las aguas potables como las destinadas al riego, hay necesidad de abrir un túnel, para perforar la muralla que por todas partes rodea al valle de Cadereyta, túnel que deberá abrirse en el puerto que une al cerro Frío con el de Santa Bárbara; y después llevar un canal de la boca del túnel para la rinconada de Velázquez.

Tanto la apertura del socavón en las pizarras, como la construcción de la presa en Velázquez, y la perforación del túnel en las andesitas del puerto de cerro Frío, no las considero relativamente costosas, pues los terrenos son blandos para la perforación, y para la construcción de la presa existen en el mismo lugar todos los elementos: cal medianamente hidráulica se puede obtener quemando los caliches que forman el capote que cubre á los cerros de San Juan de la Rosa; la piedra de buena calidad se encuentra en las faldas de los cerros del Rincón; agua para la construcción hay en los manantiales de aquel lugar y la arena se encuentra en el mismo arroyo de San Juan de la Rosa.

No hice el trazo, estudio y cálculos relativos á estas obras, por no apartarme de mi comisión, que fué sólo

el estudio de la geología é hidrología interna de esa localidad.

Creo que no puede recomendarse ninguna otra obra para capturar las aguas subterráneas de la región de Cadereyta, pues no se encontraría fundamento científico que garantizara el éxito de ninguna de ellas.

Las aguas phreáticas contenidas en los receptáculos acuíferos subterráneos que se hallan en esa región, y que he descrito ya, son las únicas aguas subterráneas que existen en la región de Cadereyta Méndez, en el Estado de Querétaro.

México, Octubre 15 de 1901.





PALIDAD DE CADREYTA.

1:200,000

el estudio de la geología é hidrología interna de esa localidad.






Creo que no puede recomendarse ninguna otra obra para capturar las aguas subterráneas de la región de Cadereyta, pues no se encontraría fundamento científico que garantizara el éxito de ninguna de ellas.

Las aguas phreáticas contenidas en los receptáculos acuíferos subterráneos que se hallan en esa región, y que he descrito ya, son las únicas aguas subterráneas que existen en la región de Cadereyta Méndez, en el Estado de Querétaro.

México, Octubre 15 de 1901.








— EXPLICACION GEOLOGICA —

-  Cretaceo
-  Toba
-  Andesitas
-  Rhyolitas
-  Labradoritas



EXPLICACION GEOLOGICA

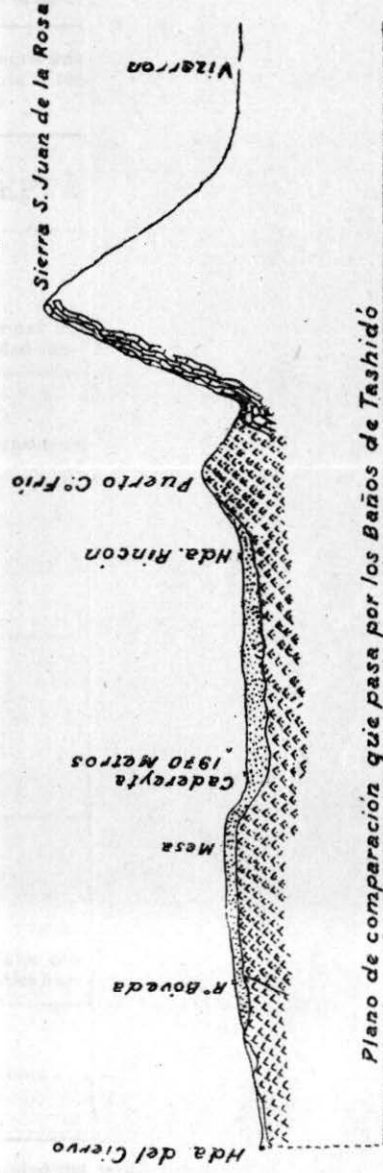
-  Cretaceo
-  Tobas
-  Andesitas
-  Rhyolitas
-  Lapadortas





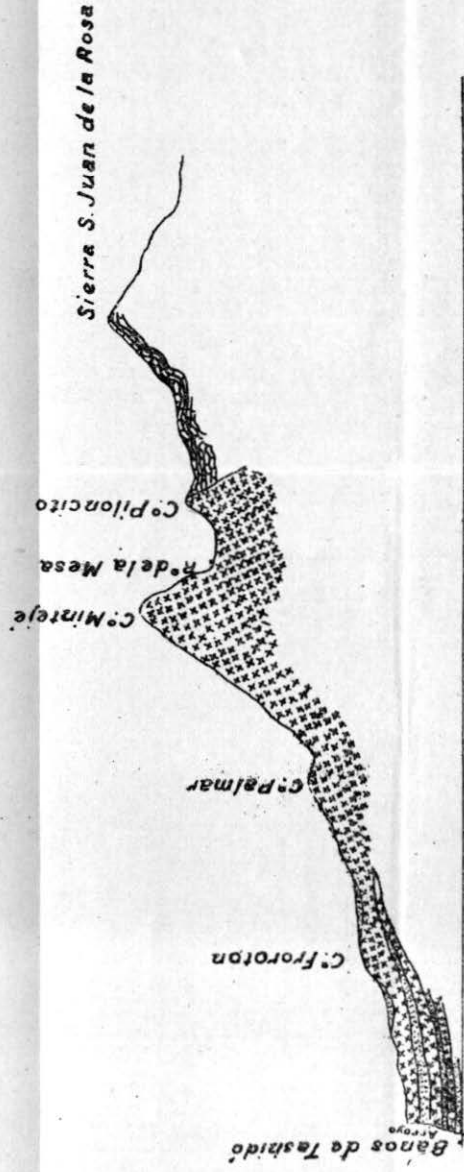
1. ...  
 2. ...  
 3. ...  
 4. ...  
 5. ...

N.º 1



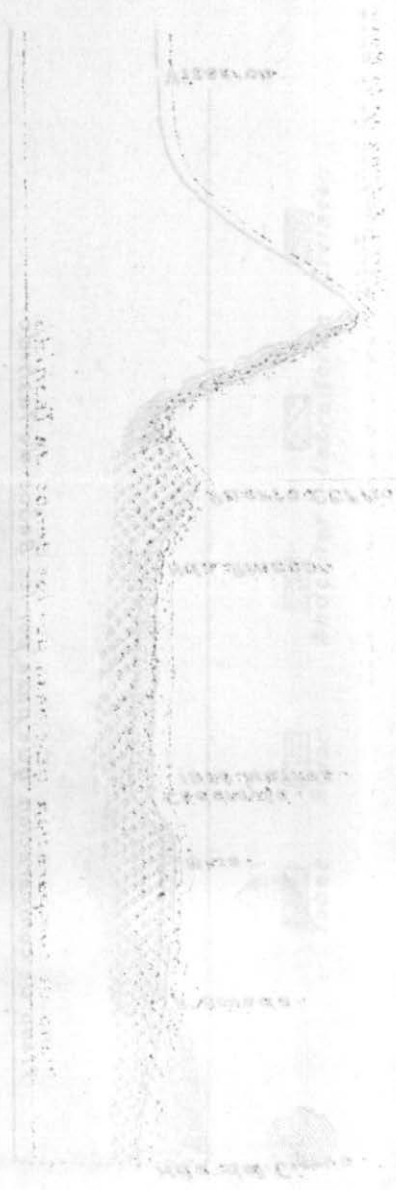
Plano de comparación que pasa por los Baños de Tashidó

N.º 2



- Tobas
- Rhodi
- Andesitas
- Labradorita
- Cretáceo

Escala: Hor. 1:200'000 - Ver. 1:25'000



W. S.

1870



## RECEPTÁCULO ACUÍFERO SUBTERRÁNEO.

| Dividido en | Superficie de alimentación continua ó localizada * | Región de alimentación.           | Nivel superior de la región activa. | Región activa.     | Nivel inferior de los manantiales.   | Región pasiva        | Fondo impermeable ó saturado de agua. |
|-------------|--|-----------------------------------|-------------------------------------|--------------------|--------------------------------------|----------------------|---------------------------------------|
|             | Con agua corriente superficial.                    | Con agua intermitente ó temporal. | Variable con la cantidad de lluvia. | Con agua brotante. | Variable con el relieve del terreno. | Con agua permanente. |                                       |

## RECEPTÁCULOS ACUÍFEROS SUBTERRÁNEOS.

| UNIDOS.                                    | SEPARADOS  | EN NIVEL DE RECEPTÁCULOS.  |
|--|--|--|
| Situados.....                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>{ En rocas porosas de permeabilidad continua, y.....</li> <li>{ Colocados entre dos capas impermeables inclinadas .....</li> <li>{ Colocados bajo terrenos permeables...</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>{ Agua artesiana... { En grietas ó por perforación.</li> <li>{ Agua que brota... {</li> <li>{ Agua phreática... Superficial ó profunda.</li> </ul>  |
|  | <ul style="list-style-type: none"> <li>{ En rocas compactas agrietadas ó de permeabilidad localizada</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>{ Aguas phreáticas.</li> <li>{ Artesianas.....</li> <li>{ Brotantes .....</li> </ul> Superficiales ó profundas.   |
| De forma aparente.....                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>{ Uniforme.</li> <li>{ Multiforme.</li> </ul>   |  |
| De forma aparente en la región activa..... | <ul style="list-style-type: none"> <li>{ Regular.....</li> <li>{ Irregular.....</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>{ En rocas porosas..... { Circulación por intersticios..... } En Estratos -</li> <li>{ En rocas compactas agrietadas..... Id. íd. litoclasas.. { En Paraclasas.-</li> <li>{ } { En Planos estratigráficos -</li> <li>{ } { En Diaclasas. -</li> <li>{ En rocas porosas..... { Circulación por intersticios..... } En Lentas. -</li> <li>{ } { En Cúmulos. -</li> <li>{ En rocas compactas agrietadas..... Id. por grietas..... { En Cavernas ó Embudos -</li> <li>{ } { En Venas. -</li> <li>{ } { En Leptoclasas. -</li> <li>{ } { En Macizos multi-agrietados -</li> <li>{ } { En Zonas de contacto. -</li> </ul> |
| Con desagüe.                               | <ul style="list-style-type: none"> <li>{ Por manantiales con agua phreática ó artésiana.....</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>{ De régimen permanente..... { Con gasto constante.</li> <li>{ " " temporal. { " " variable.</li> </ul>   |
| Sin desagüe superficial natural, sino..... | <ul style="list-style-type: none"> <li>{ Por perforaciones.....</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>{ Con gasto constante.</li> <li>{ " " variable.</li> </ul>  |

\* Según sea la permeabilidad del terreno, «continua» ó «localizada.»

